

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ
_____ Я.М. Корнієнко

(підпис)
“ ” _____ 2019 р.

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ
освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

освітня програма (спеціалізація): Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

**на тему: Розроблення барабанної сушарки та центрифуги для
модернізації установки виробництва коксу**

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-81мп

Нурадін Ібрагім Абдійович _____

Керівник проекту канд. техн. наук, доцент. А. Р. Степанюк _____

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун _____

(підпис)

розробка стартап-проекту

доц., канд. економ. наук Н.В. Юдіна _____

(підпис)

технологія виготовлення деталі “Опорний ролик”

ст. викл., канд. техн. наук Я.Г. Двойнос _____

(підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

доц., канд. техн. наук, А.Ю. Сазонов _____

(підпис)

Рецензент

_____ (посада, вчене звання, науковий степінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ І. А. Нурадін

Київ – 2019

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“ КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”**

Інженерно-хімічний факультет

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних
виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ**

освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

**освітня програма (спеціалізація): Обладнання хімічних, нафтопереробних
та целюлозно-паперових виробництв**

**на тему: Розроблення барабанної сушарки та центрифуги для
модернізації установки виробництва коксу**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь – магістр

спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

освітня програма (спеціалізація): Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Я.М. Корнієнко**

« ____ » _____ **2019 р.**

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Нурадінovu Ібрагіму Абдійовичу

1. Тема магістерської дисертації: «Розроблення барабанної сушарки та центрифуги для модернізації установки виробництва коксу»

Керівник магістерської дисертації Степанюк А.Р. кандидат технічних наук, доцент

затверджена наказом по університету від “01” листопада 2019 р. № 3807-С

2. Термін подання студентом магістерської дисертації: ____ грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до дисертації: центрифуга зневоднення коксу, продуктивність за суспензією 0,12 кг/с, початкова вологість матеріалу 77 %, кінцева вологість матеріалу 16%, середній розмір частинок $2 \cdot 10^{-3}$ м; барабанна сушарка продуктивністю по кінцевому продукту 1500 кг/год, початкова вологість

матеріалу 16 %, кінцева вологість матеріалу 4%, температура коксу на вході в барабан 25 °С, густина сировини 2150 кг/м³.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

а) основна частина: розглянути існуючі конструкції барабанних сушарок та центрифуг, схем виробництва коксу, обґрунтувати вибір конструкцій апаратів; проаналізувати обрані конструкції в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій: параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апаратів; виконати складальні креслення барабанної сушарки, центрифуги, завантажувальної камери, барабана та опорно-упорної станції.

б) виконати техніко-економічні розрахунки які доказують доцільність проведення робіт з модернізації барабанної сушарки;

в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією барабанної сушарки, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;

г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування барабанної сушарки та центрифуги; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;

д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення опорного ролика, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій для свердління.

5. Перелік графічного матеріалу: технологічна схема виробництва коксу – А1, схема автоматичного керування – А1, кондуктор для свердління отворів – А1, складальні креслення: центрифуга – А1, барабанна сушарка – А1, завантажувальна камера – А1, опорно-упорна станція – А1, барабан – А2, опорний ролик барабанної сушарки – А3, технічної ідеї патенту – А3, ілюстрація до розділу охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях – А3.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І.М.		
Розробка стартап-проекту	Юдіна Н.В.		
Технологія виготовлення опорного ролика	Двойнос Я.Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Сазонов А.Ю.		

7. Дата видачі завдання 1 вересня 2019 р.

РЕФЕРАТ

УДК 665.047.57

Магістерська дисертація за освітньо-професійною програмою магістерської підготовки на тему "Розроблення барабанної сушарки та центрифуги для модернізації установки виробництва коксу" НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник Степанюк А.Р. – К., 2019. – 188 с.: іл. 33. Виконавець Нурадін І.А. – Бібліогр.: 115 п.

Магістерська дисертація складається зі вступу, восьми розділів, висновків, переліку посилань із 32 найменувань і 11 додатків. Загальний обсяг роботи становить 188 с. основного тексту, 33 рисунків, 24 таблиць.

Метою роботи є модернізація установки виробництва коксу. Проект містить опис процесу виробництва коксу, конструкції центрифуги, барабанної сушарки, опис, призначення та області застосування обладнання, технічні характеристики, опис і обґрунтування вибраних конструкцій, розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкцій, рекомендації, щодо монтажу та експлуатації апаратів, а також рівень стандартизації та уніфікації, розробку стартап-проекту.

Результати роботи можуть бути використані з навчальною метою на кафедрі машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв.

КОКС, ЛОПАТЕВІ НАСАДКИ, ЦЕНТРИФУГА, БАРАБАННА СУШАРКА.

РЕФЕРАТ

УДК 665.047.57

Магистерская диссертация по образовательно-профессиональной программе магистерской подготовки на тему "Разработка барабанной сушилки и центрифуги для модернизации установки производства кокса" НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского»; Руководитель Степанюк А.Р. – К., 2019. – 188 с.: ил. 33. Исполнитель Нурадинов И.А. – Библиогр.: 115 п.

Магистерская диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, списка ссылок из 32 наименований и 11 приложений. Общий объем работы составляет 188 с. основного текста, 33 рисунков, 24 таблиц.

Целью работы является модернизация установки производства кокса. Проект содержит описание процесса производства кокса, конструкции центрифуги, барабанной сушилки, описание, назначение и области применения оборудования, технические характеристики, описание и обоснование выбранных конструкций, расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций, рекомендации по монтажу и эксплуатации аппаратов, а также уровень стандартизации и унификации, разработку стартап-проекта.

Результаты работы могут быть использованы в учебных целях на кафедре машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств.

КОКС, ЛОПАСТНЫЕ НАСАДКИ, ЦЕНТРИФУГА, БАРАБАННАЯ СУШИЛКА.

ABSTRACT

UDC 665.047.57

The Master's thesis on the theme "Development of drum dryer and centrifuge for modernization of coke production unit" National Technical University "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; Scientific advisor A.R. Stepanyuk – K., 2019. – 188 p.: il. – 33. Developer I.A. Nuradinov – References: 115.

The Master's thesis consists of an introduction, eight sections, conclusions, a list of references (32 sources) and 11 appendixes. The total volume is 188 pages of the main text, 33 figures, 24 tables.

The aim of the work is to modernize the installation of coke production. The project contains a description of the coke production, the design of the centrifuge, the drum dryer, description, purpose and application of the equipment, specifications, description and justification of selected constructions, calculations confirming designs, recommendations for the installation and operation of the apparatus, and also the level of standardization and unification, the development of a startup project.

The results of the work can be used with the educational purpose at the department of machinery and apparatus of chemical and petroleum processing industries.

COKE, PADDLE NOZZLES, CENTRIFUGE, DRUM DRYER.

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів	12
Вступ.....	13
1. Призначення та область використання апаратів	15
1.1 Опис технологічного процесу	15
1.2 Вибір типів апарату, їх місце в технологічній схемі	16
2. Технічна характеристика	19
3. Опис та обґрунтування обраних конструкцій	20
3.1 Конструкція і принцип дії апарату, основних складальних одиниць та деталей	20
3.2 Вибір матеріалів елементів конструкції апаратів	22
3.3 Порівняння основних показників обраних конструкцій апаратів з аналогами.....	23
3.4 Патентне дослідження	25
4. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції апаратів.....	35
4.1 Розрахунок центрифуги	35
4.2 Розрахунок барабанної сушарки.....	42
5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	74
6. Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів	85
7. Рівень стандартизації та уніфікації	88
8. Розробка стартап-проекту	89
8.1 Опис ідеї проекту	89
8.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	90
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	91
8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	105
8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	107
8.6 Висновки	111

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розроблення барабанної сушарки та центрифуги для модернізації установки виробництва коксу	Лит.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Нірадінов І.А.						
Перевір.		Степанюк А.Р.					10	188
Реценз.						КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Н.контр.								
Затв.								

Висновки	112
Выводы	113
Conclusions	114
Перелік посилань.....	115
Додаток А Технологія виготовлення опорного ролика барабанної сушарки.....	120
Додаток Б Автоматичний контроль керування процесом	131
Додаток В Програма параметричного розрахунку центрифуги.....	142
Додаток Г Програма розрахунку ротора центрифуги	145
Додаток Д Програма параметричного розрахунку сушарки	148
Додаток Е Програма розрахунку корпусу барабана.....	157
Додаток Є Програма розрахунку бандажа, опорних та упорних роликів.....	162
Додаток Ж Програма розрахунку двигуна апарата	166
Додаток З Документація патентного дослідження	169
Додаток И Патенти, які використані в патентному дослідженні.....	178
Додаток І Список наукових праць.....	188

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні позначення:

h – висота, м;

D, d – діаметри, м;

S – товщина, м;

f – площа поперечного перерізу, м²;

G – продуктивність, кг/с;

V – об'ємна, м³/с;

w – швидкість, м²/с;

P – тиск, Па;

T – температура, К;

t_1 – температура повітря на вході в сушарку, °C ;

t_2 – температура повітря на вході в сушарку, °C ;

T_1 – температура солі на вході в барабан, °C ;

T_2 – температура солі на виході в барабан, °C ;

B – барометричний тиск в даній місцевості, мм.рт.ст.;

β – коефіцієнт заповнення барабана, %;

x_1 – початкова масова концентрація твердих частинок, %;

x_2 – кінцева масова концентрація твердих частинок, %;

ρ – густина матеріалу, кг/м³;

n – частота обертання ротору, с⁻¹;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м²/с;

Критерії:

Nu – критерій Нуссельта;

Re – критерій Рейнольдса;

Pr – критерій Прандтля.

Вступ

Виробництво коксу поступово набуває помітної актуальності, на тлі постійного збільшення потреб у електродах і пігментах фарб.

В даний час є необхідність в нових технологіях сушіння коксу. Стандарти Європейського Союзу передбачають жорсткі норми для нафтового коксу: зменшений вміст золи ($<0,8\%$), вологість кінцевого продукту менше 9%.

Для добування коксу використовується такий процес, як коксування з важких вуглеводневих залишків. Існує кілька модифікацій процесу: періодичне коксування в кубах, уповільнене коксування в неопалюваних камерах, коксування в псевдозрідженому шарі порошкоподібного коксу. Ми ж розглядаємо уповільнене коксування.

Метою даної магістерської дисертації є модернізація установки виробництва коксу з розробкою барабанної сушарки та центрифуги.

Для кращої якості виходу цільового продукту потрібно змінити технологічну схему. З коксу, після видалення вологи в центрифугі, потрібно максимально висушити матеріал, перед потраплянням до складу. Це можливо здійснити шляхом зміни конструкції циліндричного барабану у барабанній сушарці, таким чином, що встановлюються перемішуючі лопаті, на яких розміщено додаткові направляючі з різним кутом нахилу.

Тема роботи пов'язана з переліком пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки на період до 2020 року, відповідно до Закону України - "Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки" № 2623-III, редакція станом на 16.01.2016 р., а саме "Рациональне природокористування" (Технології сталого використання, збереження і збагачення біоресурсів та покращення їх якості і безпечності, збереження біорізноманіття).

У роботі описано конструкцію апаратів, їх основні складальні одиниці та деталі, обґрунтувати призначення та області використання центрифуги, та барабанної сушарки у технологічній схемі, надано технологічну характеристику, обрано матеріали для їх виготовлення, проведено патентне дослідження та порівняно основні показники розробленої конструкції з аналогами, наведено

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

заходи по охороні праці; проведено параметричний розрахунок апаратів та розрахунок на міцність основних деталей та вузлів конструкції; надано рекомендації, щодо монтажу та експлуатації, визначено рівень стандартизації та уніфікації апаратів; виконано техніко-економічне обґрунтування модернізації апарату; розроблено креслення технологічної схеми, складальне креслення центрифуги та барабанної сушарки, схема автоматичного керування технологічним процесом установки.

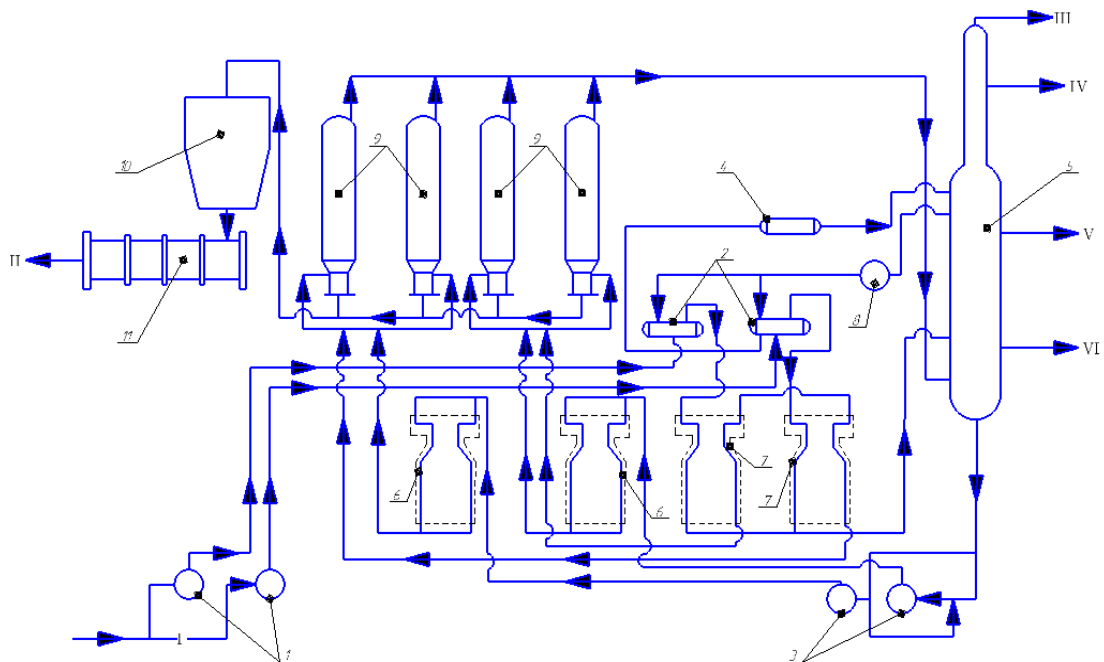
Завдання на магістерську дисертацію видано 1 вересня 2019 року під час проходження переддипломної практики в інституті газу НАН України.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1. Призначення та область використання апаратів

1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема процесу добування коксу зображено на рисунку 1.1



1 – насоси; 2 – теплообмінники; 3 – насоси; 4 – конденсатор повітряного охолодження; 5 – ректифікаційна колона; 6 – печі; 7 – печі; 8 – насос; 9 – коксові камери; 10 – центрифуга; 11 – барабанна сушарка.

I – сировина; II – кокс; III – газ; IV – бензин; V – реактивне паливо; VI – дизельне паливо.

Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва коксу

Сировина коксування відцентровими насосами 1 двома паралельними потоками послідовно прокачується через теплообмінники 2 і змішувачі печей 7 і звідти надходить у колону ректифікації 5 на каскадні тарілки. Контактуючи з парами і газами, які надходять у колону 5 з камер з температурою 425 °С, сировина нагрівається до 400 °С [1].

Сконденсовані висококиплячі продукти коксування (рециркулянт) в суміші з сировиною утворюють сировину коксових камер (вторинна сировина). З низу

колони вторинна сировина направляється на прийом пічних насосів 3. Кожен з цих насосів прокачує сировину через змійовики трубчастих печей 6, де воно нагрівається до 500 °С, а потім надходить до відповідних камер 9, які працюють попарно. Водяну пару з коксових камер направляють обратно до ректифікаційної колони 5.

Кокс завдяки спеціальним пристроям виймають с коксових печей 9 і відправляють у центрифугу 10 для видалення вологи з матеріалу з метою подальшого сушіння. Після обробки у центрифугі 10 кокс направляється у барабанну сушарку 11, де йде процес сушіння. Після фінальної обробки, готовий матеріал готують до транспортування.

Для нормального протікання процесу потрібно точно дозувати сировину та інші речовини, які застосовуються у схемі виробництва.

1.2 Вибір типів апарату, їх місце в технологічній схемі

У даній дисертації розробляються два апарати, розміщені згідно технологічної схеми у такому порядку: центрифуга, барабанна сушарка.

Центрифуга.

Центрифуги безперервної дії – це апарати з високим ККД, використання їх в хімічному виробництві дозволяє покращити багато технологічних процесів до автоматичного режиму. Але можливість їх масштабного застосування обмежується суровими технологічними вимогами і різними факторами в матеріалах, що обробляються. Велика частина центрифуг безперервної дії-фільтруючі, винятком є осаджувальні центрифуги зі шнековим вивантаженням осаду. Фільтруючі центрифуги використовують в багатьох випадках для обробки кристалічних матеріалів з підвищеною концентрацією твердої фази. Принцип дії цих машин наступний. Суспензія безперервно подається в ротор, рідина проходить через фільтруючу перегородку, утворює фільтрат, осад підсушується, промивається, вивантажується.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Розширення виробництва горизонтальних фільтруючих центрифуг зі шнекової вивантаженням осаду (ФГШ) пояснюється їх високою експлуатаційною надійністю в порівнянні з вертикальними машинами (редуктор винесено з робочої зони і полегшений доступ до основних вузлів центрифуги). Горизонтальні центрифуги більш перспективні, ніж вертикальні, незважаючи на те, що вони займають велику площу і мають гірші динамічні характеристики (центр ваги ротора знаходиться за опорами).

Для видалення вологи після охолодження та різки його водяними різакми коксу, використовуємо апарат, який використовує відцентрові сили. В нашому випадку, це фільтруюча центрифуга, у якій відділяється значна кількість вологи з охолодженого коксу.

Переваги фільтруючої центрифуги:

- простота обслуговування;
- високий ступінь осушування;
- велика продуктивність.

Недоліки фільтруючої центрифуги:

- значне подрібнення осаду;
- забруднення фугату дрібними частинками осаду.

Фільтруюча центрифуга має низький рівень енергозатрат і високоякісний кінцевий продукт.

Барабанна сушарка.

Барабанна сушарка зі шнековим вивантаженням дозволяє досягнути максимальної продуктивності при порівняно невеликих енергозатратах [2].

Тому рекомендується використовувати для сушіння коксу барабанну сушарку.

Сипучий матеріал для сушіння поступає у апарат. При обертанні внутрішніх лопатей матеріал переміщується. Гаряче повітря проходить через апарат за допомогою вентилятора, після відпрацювання, теплоносій через штуцер в завантажувальній камері викидається в атмосферу.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Переваги барабанної сушарки:

- простота конструкції;
- простота експлуатації;
- велика продуктивність.

Недоліки барабанної сушарки:

- великі габарити;
- чималі експлуатаційні витрати;

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2. Технічна характеристика

Технічна характеристика центрифуги

Центрифуга призначена для видалення вологи з коксу.

Продуктивність за суспензією, кг/с	0,12;
Мінімальний розмір твердих частинок, м	$2 \cdot 10^{-6}$;
Діаметр ротора, м	0,4;
Довжина циліндричної частини ротора, м	0,8;
Радіус зливу, м	0,14;
Швидкість обертання ротору, об/хв	6100;
Початкова вологість матеріалу, %	77;
Кінцева вологість матеріалу, %	16;

Технічна характеристика барабанної сушарки

Барабана сушарка призначена для сушіння коксу.

Тип апарата – барабанний.

Продуктивність сушарки по кінцевому продукту, кг/год	1500.
Початкова вологість матеріалу, %	16.
Кінцева вологість матеріалу, %	4.
Температура повітря на вході в сушарку, °C	300.
Температура повітря на виході з сушарки, °C	140.
Температура коксу на вході в барабан, °C	25.
Температура коксу на виході з барабана, °C	90.
Діаметр барабана, м	1,2.
Довжина барабана, м	6.
Вага барабана, Н	10660.

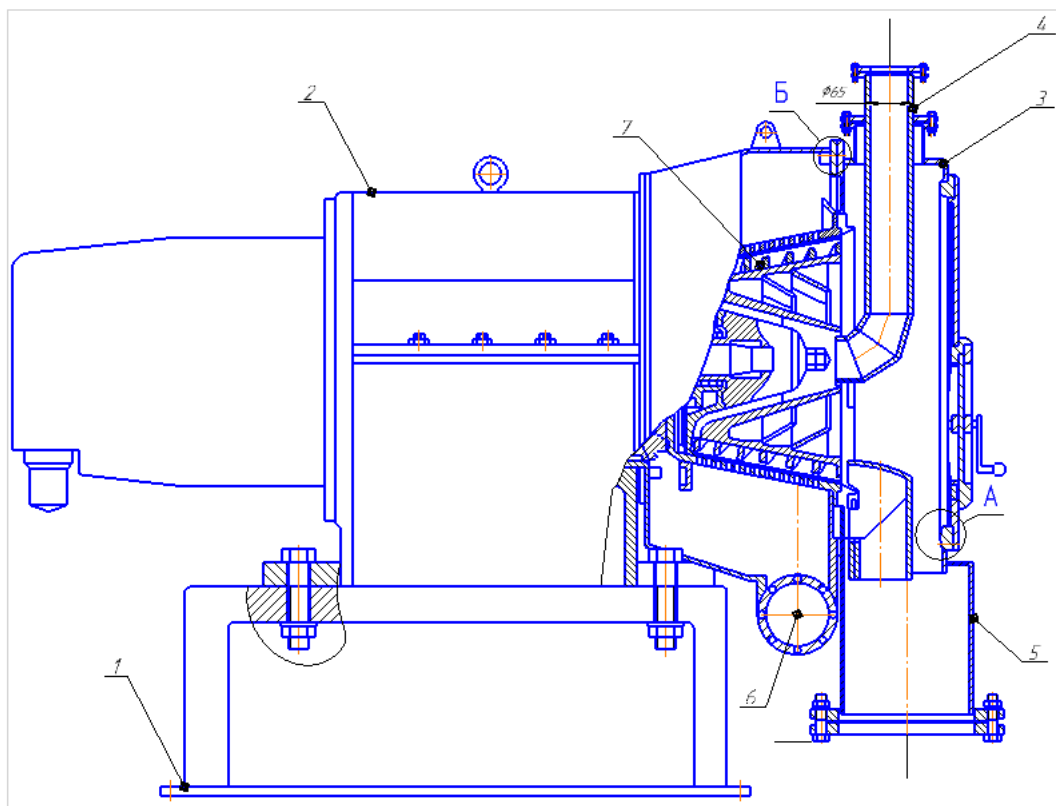
					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

3. Опис та обґрунтування обраних конструкцій

3.1 Конструкція і принцип дії апарату, основних складальних одиниць та деталей

Було вибрано таку конструкцію центрифуги яка забезпечить максимальну продуктивність по видаленню вологи з коксу.

Конструкція та принцип дії центрифуги представлена на рисунку 3.1.



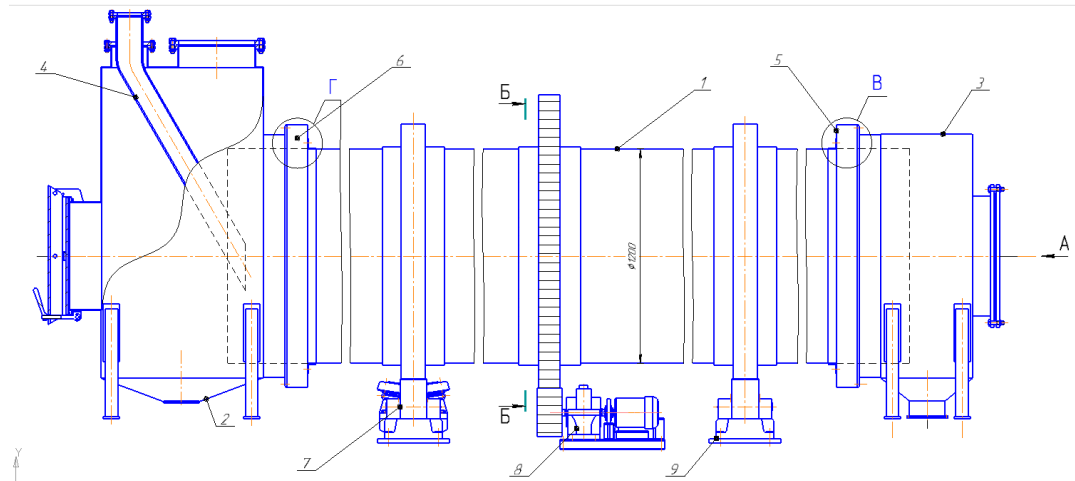
1 – корпус; 2 – фільтруючий барабан; 3 – шнек; 4,5 – труби для суспензії і промивної рідини; 6, 7 – прийомні воронки.

Рисунок 3.1 – Фільтраційна центрифуга зі шнековим вивантаженням осаду

Центрифуга (рис. 3.1) складається з корпусу 1, в підшипникових опорах якого встановлений вал. На консольному кінці вала закріплений фільтруючий барабан 2. У середині барабана розміщений шнек 3, на поверхні корпусу якого є отвори. Суспензія подається через завантажувальну трубу 4 та центрифугується, після

цього фугат виводиться через штуцер 6, а осад, що є кінцевим матеріалом виводиться через розвантажувальну трубу 5.

Конструкція та принцип дії барабанної сушарки представлена на рисунку 3.2.



1 – барабан; 2 – завантажувальна камера; 3 – розвантажувальна камера; 4 – завантажувальна труба; 5 – лабіринтне ущільнення; 6 – лабіринтне ущільнення; 7 – опорно-упорна станція; 8 – привідна станція; 10 – опорна станція.

Рисунок 3.2 – Схема барабанної сушарки

Барабанна сушарка (рисунок 3.2) має барабан у формі циліндра, встановлений під невеликим кутом нахилу до горизонту. Рух барабана приводиться електродвигуном через зубчасту передачу і редуктор. Число обертів барабану звичайно у районі $0,83\text{--}0,13\text{ с}^{-1}$, положення якого в напрямку осі фіксується упорними роликами. Матеріал подається в барабанну сушарку через живильник, попередньо підсушується, перемішується лопатями приємно-лопатевої насадки. Дана насадка забезпечує рівномірне розподілення та добре перемішування матеріалу по перерізу барабану.

Сировина, яка висушується, подається в завантажувальну камеру, та поступає на приємно-лопатеву насадку, яка розташована по всій довжині барабана. Лопаті насадки підіймають і перекидують кокс при обертанні барабану. Висушений кокс перемішується до розвантажувальної камери. Барабан повинен бути заповненим матеріалом до 15-20 %. Коефіцієнт заповнення барабану

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

(відношення площі перерізу барабана, заповненого матеріалом, до площі поперечного перерізу барабана), зазвичай становить 0,05 – 0,235.

3.2 Вибір матеріалів елементів конструкції апаратів

Центрифуга.

Для центрифуги приймаємо такі матеріали: корпус виготовлений зі сталі 12X18H10T [3]. Плити, фланці, стійка, штанги виготовляються із легованої Сталі 40Х. Ротор виготовляється зі сталі марки 12X18H10T [3]. Деталі ротора з легованої Сталі 40Х. Болти виготовляються із якісної вуглецевої Сталі 35 [3], які використовуються для деталей машин з підвищеними вимогами; межа, міцності такої сталі при розтягуванні не менше 540 МПа.

Барабанна сушарка.

Корпус барабана виготовлено зі сталі 12X18H10T згідно з [2]. Сталі мають найбільше застосування в хімічному машинобудуванні, так як вони краще за інші матеріали задовольняють необхідним вимогам. За хімічним складом й механічними властивостями сталі марки 12X18H10T мають відповідати вимогам [3].

Сталь вуглецева звичайної якості застосовується при виготовленні обичайок, корпусів, днищ, фланців, люків, патрубків та ін. деталей, що працюють в інтервалі температур від мінус 20 до 425 °С та тиску до 5 МПа [3].

Для виготовлення апаратів у хімічній промисловості в якості конструкційних матеріалів використовують чорні метали і сплави (сталі, чавуни), кольорові метали і сплави, неметалічні матеріали [3].

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Порівняння основних показників обраних конструкцій апаратів з аналогами

Центрифуга.

За конструкцією запропонована в даному проекті центрифуга фільтруючого типу зі шнековою вигрузкою осаду, яка суттєво відрізняється від наведених аналогів [4, 5]. Вона має більшу площу поверхні фільтрації, враховуючи що продуктивність центрифуги не змінюється.

Таблиця 3.3 – Порівняльна характеристика центрифуг [4, 5]

Основні технологічні показники	ФГН-63	ОГН-90	Центрифуга, що проектується
Продуктивність за суспензією, кг/с	0,14 (5)	0,10 (3)	0,12 (4)
Внутрішній діаметр ротора, мм (бал)	550 (3)	500 (4)	400-500 (4)
Довжина, мм	900 (3)	850 (4)	800 (4)
Оберти, об/хв	2390 (5)	1700 (4)	1500 (4)
Фактор розділення	900 (5)	800 (4)	850 (4)
Об'єм, м ³	0,04 (2)	0,125 (4)	0,1 (4)
Загрузка, кг	50 (2)	150 (4)	125 (4)
Площа поверхні фільтрації, м ²	0,61 (4)	1,06 (3)	1,39 (5)
Потужність електродвигуна, кВт	22 (1)	30 (1)	17 (4)
Сумма балів	31	31	37

Висновок:

Враховуючи, що продуктивність апаратів однакова, а площа поверхні фільтрації запропонованої центрифуги значно перевищує аналоги, то доцільно використовувати запропонований тип центрифуги.

Барабанна сушарка.

За конструкцією запропонована в даному проекті барабанна сушарка з модернізованою лопатевою насадкою, яка суттєво відрізняється від наведених аналогів [4, 5]. Вона має більшу площу поверхні сушіння, враховуючи що продуктивність сушарки не змінюється. Показники порівняння з аналогами показано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. – Порівняльна характеристика барабанних сушарок

Основні технологічні показники	Аналог №1	Аналог №2	Модернізований абсорбер
Продуктивність по кінцевому продукту, кг/год	1500 (5)	1500 (5)	1500 (5)
Початкова вологість матеріалу, %	20 (3)	18 (4)	16 (5)
Кінцева вологість матеріалу, %	8 (3)	7 (4)	4 (5)
Початкова температура матеріалу, Т	15 (3)	17 (4)	20 (5)
Температура теплоносія, Т	320 (3)	345 (4)	300 (5)
Сумма балів	17	21	25

Висновок: Враховуючи, що продуктивність апаратів майже однакова, а площа поверхні сушіння запропонованої барабанної сушарки значно перевищує аналоги, то доцільно використовувати запропонований тип сушарки.

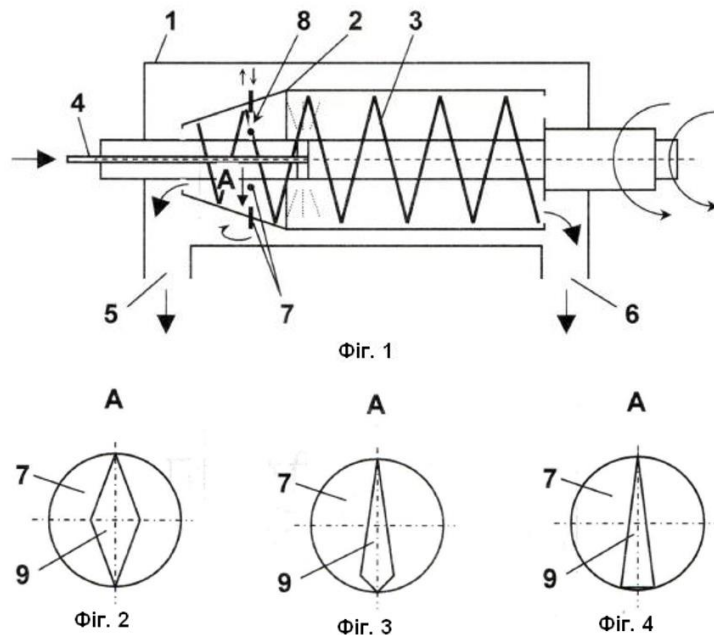
3.4 Патентне дослідження

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук. Для докладного аналізу було обрано патенти [6-10] для центрифуги, та [11-15] для барабанної сушарки.

Центрифуга. Предметом патентного пошуку є центрифуга.

1. Центрифуга [6], зображена на рисунку 3.3.

Містить кожух, всередині якого циліндричний барабан і співвісний шнек, який має здатність обертатися, патрубки подачі і виводу вхідної та вихідної речовини, а також радіальні штирі, розташовані між барабаном та шнеком.



1 – кожух; 2 – циліндричний барабан; 3 – шнек; 4 – патрубок підведення суспензії; 5 – патрубок відведення осаду; 6 – патрубок для відведення фугату; 7 – радіальні штирі; 8 – прорізи; 9 – робоча частина штиря;

Рисунок 3.3 – Загальний вигляд запропонованої центрифуги

Переваги:

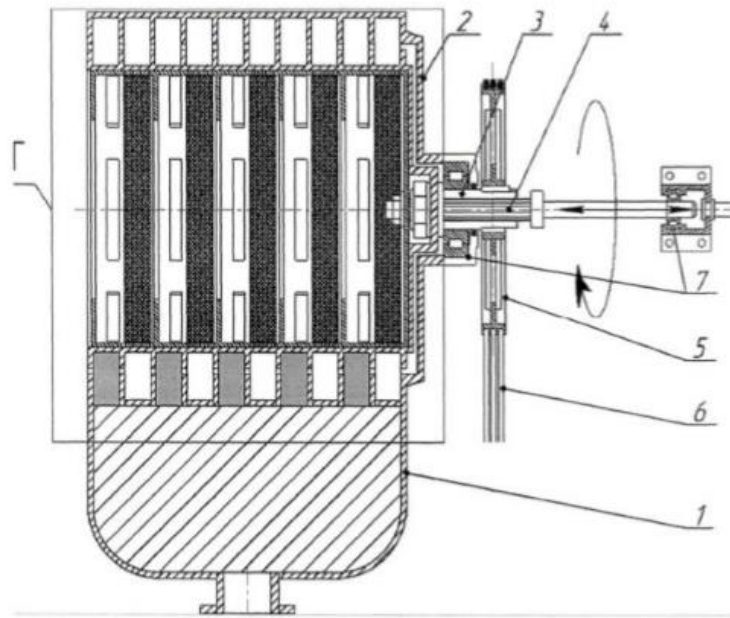
- велика ефективність;
- здатність регулювання ступеня розпушування осаду;

Недоліки:

- значний шум в центрифугі.

2. Центрифуга фільтруюча безперервної дії [7], зображена на рисунку 3.4.

Центрифуга містить перфорований барабан з фільтруючою перегородкою та поршнем, також штуцери для вводу та виводу осаду та фугату. Розділена на дві частини – внутрішня рухома та зовнішня. Закривається кришкою, перегородка ділить центрифугу на дві частини.



Фіг. 1

1 – корпус; 2 – кришка; 3 – маточина; 4 – шліцевий вал; 5 – шків; 6 – паси;
7 – підшипникові вузли; 8 – направляючі доріжки; 9 – камера для осаду;

Рисунок 3.4 – Загальний вигляд запропонованої корисної моделі

Переваги:

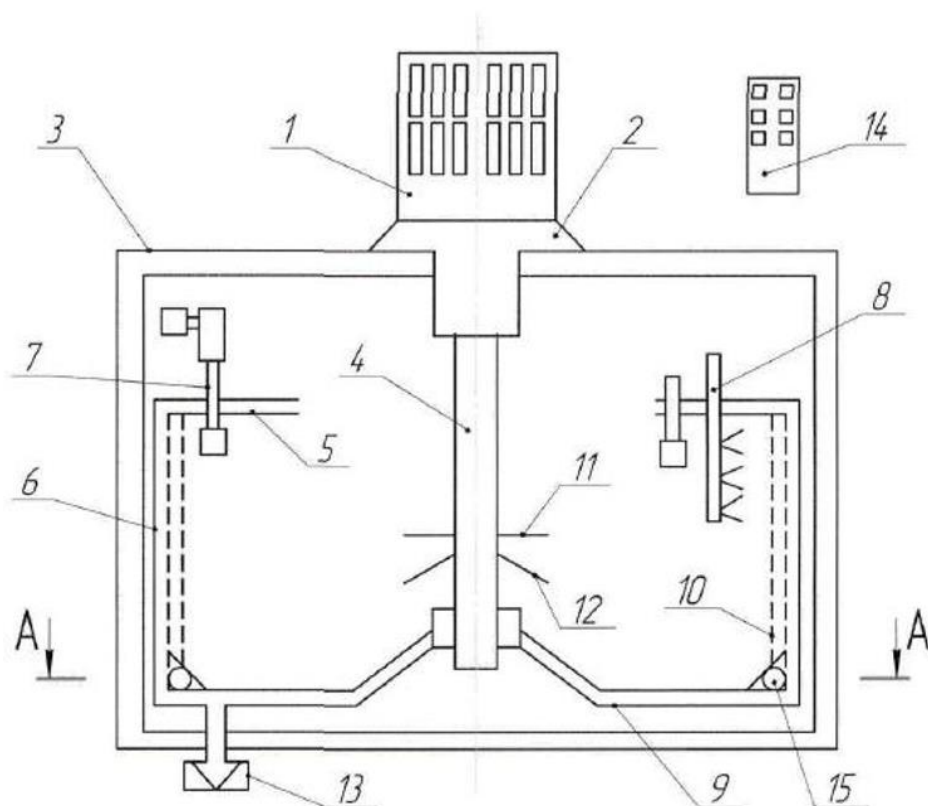
- зменшений період завантаження і вивантаження апарату;
- підвищена ефективність центрифуги;
- зменшення енергозатрат

Недоліки:

- збільшення гідравлічного опору.
- підвищення зношення перегородки.

3. Центрифуга з автобалансиром [8], зображена на рисунку 3.5.

Центрифуга містить барабан, який є перфорованим для введення в нього матеріалу з якого буде видалятися волога. Обертається навколо вертикальної осі. На днищі бака встановлений торовий автобалансир.



1 – електродвигун; 2 – вузол; 3 – каркас; 4 – вал ротора; 5 – ротор; 6 – кожух; 7 – механізм зрізання; 8 – форсунка; 9 – датчик рівня утфеля; 10 – датчик рівня сита; 11 – датчик рівня розподільчих тарілок.

Рисунок 3.5 – Конструкція центрифуги

Переваги:

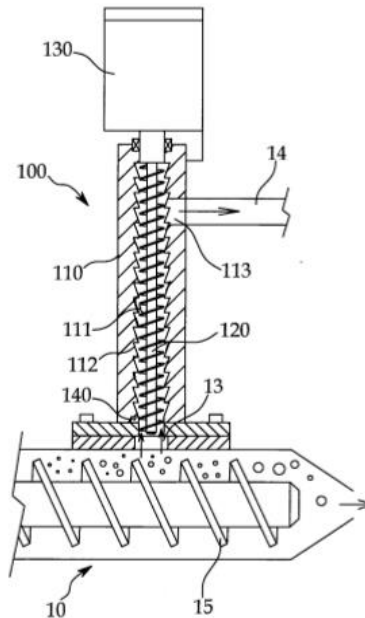
- знижена кількість вібрацій;
- зменшення енергозатрат

Недоліки:

- низький ккд конструкції.
- швидке зношення.

4. Центрифуга [9], зображена на рисунку 3.6.

Центрифуга містить барабан, а також шнек, який служить виведенням фугату. Обертається навколо вертикальної осі. Містить штуцери для подачі та виводу осаду і фугату.



10 – верхній циліндр; 13 – газова куля; 100 – пазух; 110 – корпус; 110, 111 – вертикальний простір; 130 – привід; 120 – шнек.

Рисунок 3.6 – Конструкція центрифуги

Переваги:

- зменшення енергозатрат;
- легкість конструкції

Недоліки:

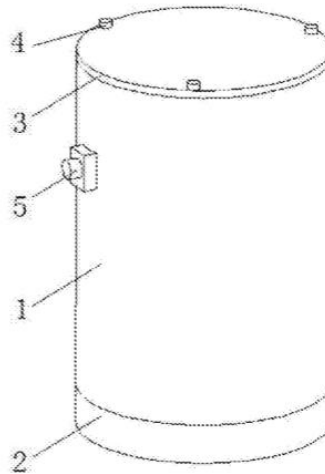
- велика кількість вібрацій;
- зношення шнека;

5. Центрифуга [10], зображена на рисунку 3.7.

Центрифуга являє собою барабан, який розташований у вертикальному положенні. Центрифуга може розглядатися як періодичної так і безперервної дії, центрифугувальна трубка повністю поєднується з зовнішньою трубкою, зовнішня

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

трубка обладнана шкалою і може допомогти більше точно вилучення оператора з посткордового розчину, отримання слону нудної порожнини.



1 – корпус; 2 – днище; 3 – кришка; 4 – болт; 5 – штуцер.

Рисунок 3.7 – Конструкція центрифуги

Переваги:

- Високий фактор розділення;
- Апарат неперервної дії;

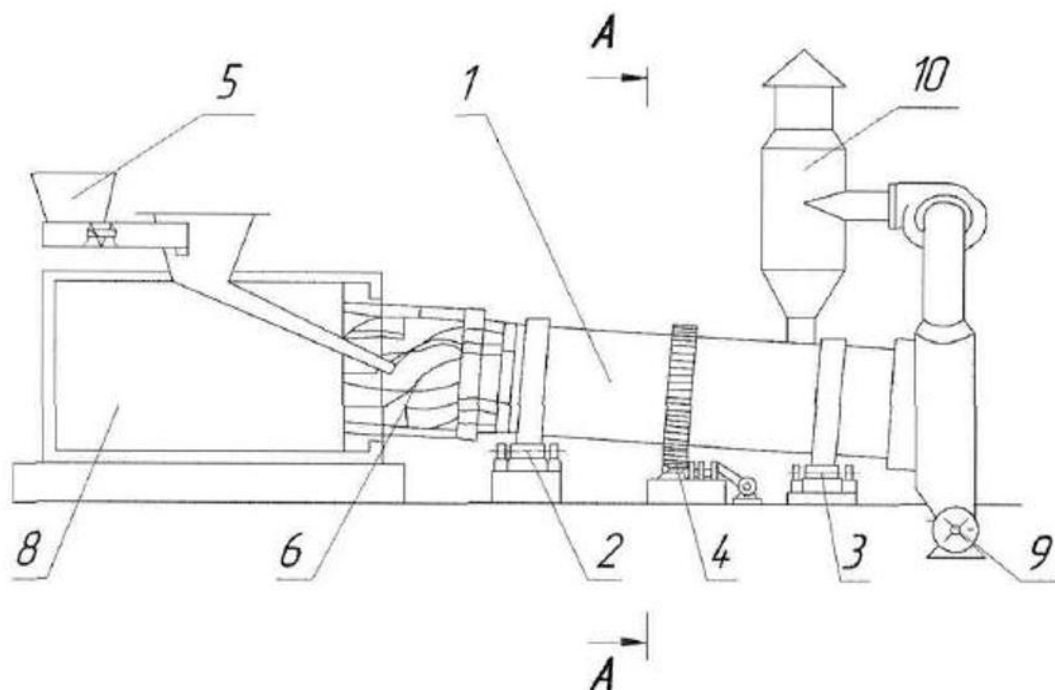
Недоліки:

- складність конструкції;
- великі енерговитрати;

Барабанна сушарка. Предметом патентного пошуку є барабанна сушарка.

1. Барабанна сушарка [11], зображена на рисунку 3.8.

Містить циліндричний барабан, що встановлений під невеликим кутом до горизонту. Встановлений на опорно-упорну і опорну станцію. Насадка виповнена у вигляді гвинтових лопатей, що встановлені по всьому внутрішньому діаметру барабана.



1 – барабан; 2 – опорний ролик; 3 – упорний ролик; 4 – пасова передача; 5 – живильник; 6 – приймально-гвинтова насадка; 7 – твінові лопаті; 8 – нагрівальна камера; 9 – вентилятор; 10 – циклон.

Рисунок 3.8 – Загальний вигляд запропонованої сушарки

Переваги:

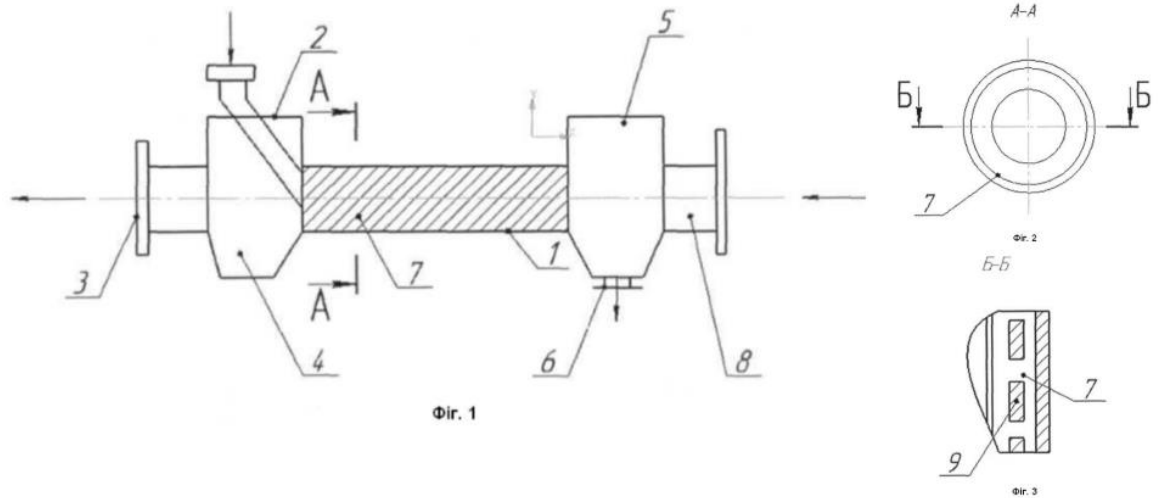
- підвищена ефективність сушіння;

Недоліки:

- значний шум в сушарці;
- великі енерговитрати;

2. Барабанна сушарка [12], зображена на рисунку 3.9.

Містить циліндричний барабан, що встановлений під невеликим кутом до горизонту. Встановлений на опорно-упорну і опорну станцію. З однієї сторони встановлена завантажувальна камера, а з іншої розвантажувальна камера, де ще й поступає теплоносії. Насадка у вигляді підйомних лопатей.



1 – корпус; 2 – живильник; 3 –штуцер відводу теплоносія; 4 – завантажувальна камера; 5 – розвантажувальна камера; 6 – штуцер видалення готового матеріалу; 7 – насадка; 8 – штуцер для подачі теплоносія; 9 – решітка;

Рисунок 3.9 – Загальний вигляд запропонованої модернізації

Переваги:

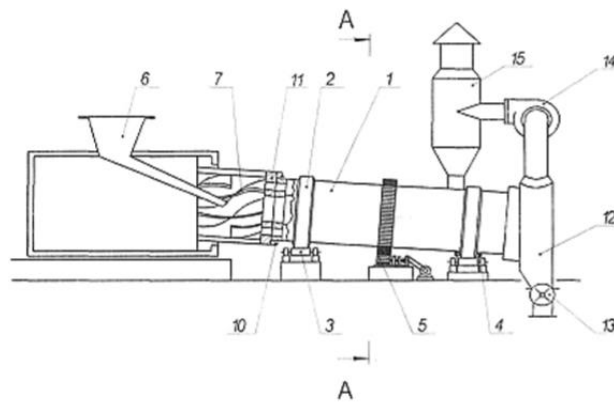
- підвищена ефективність сушіння;
- збільшений контакт матеріалу з теплоносієм;

Недоліки:

- підвищений гідравлічний опір;

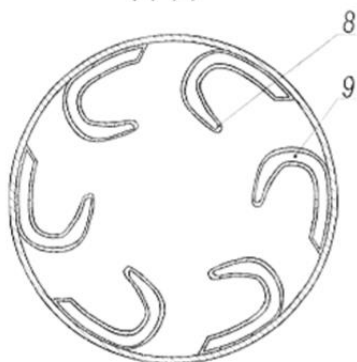
3. Барабанна сушарка [13], зображена на рисунку 3.10.

Містить циліндричний барабан, що встановлений під невеликим кутом до горизонту. Встановлений на опорно-упорну і опорну станцію. З однієї сторони встановлена завантажувальна камера, а з іншої розвантажувальна камера, де ще й поступає теплоносій. Насадка вироблені у вигляді ковшів, ззовні огорнута сорочкою для нагріву. Вони встановлені по внутрішньому діаметру.



Фиг. 1

A-A



1 – барабан; 2 – бандажі; 3 – опорні ролики; 4 – упорні ролики; 5 – зубчата передача; 6 – живильник; 7 – насадка; 8 – ковш; 9 – рубашка ковша; 10 – ущільнюючі пристрої; 11 – регулюючий пристрій для подачі теплоносія; 12 – розвантажувальна камера; 13 – вивантажувальний пристрій; 14 – вентилятор; 15 – циклон.

Рисунок 3.10 – Загальний вигляд запропонованої модернізації

Переваги:

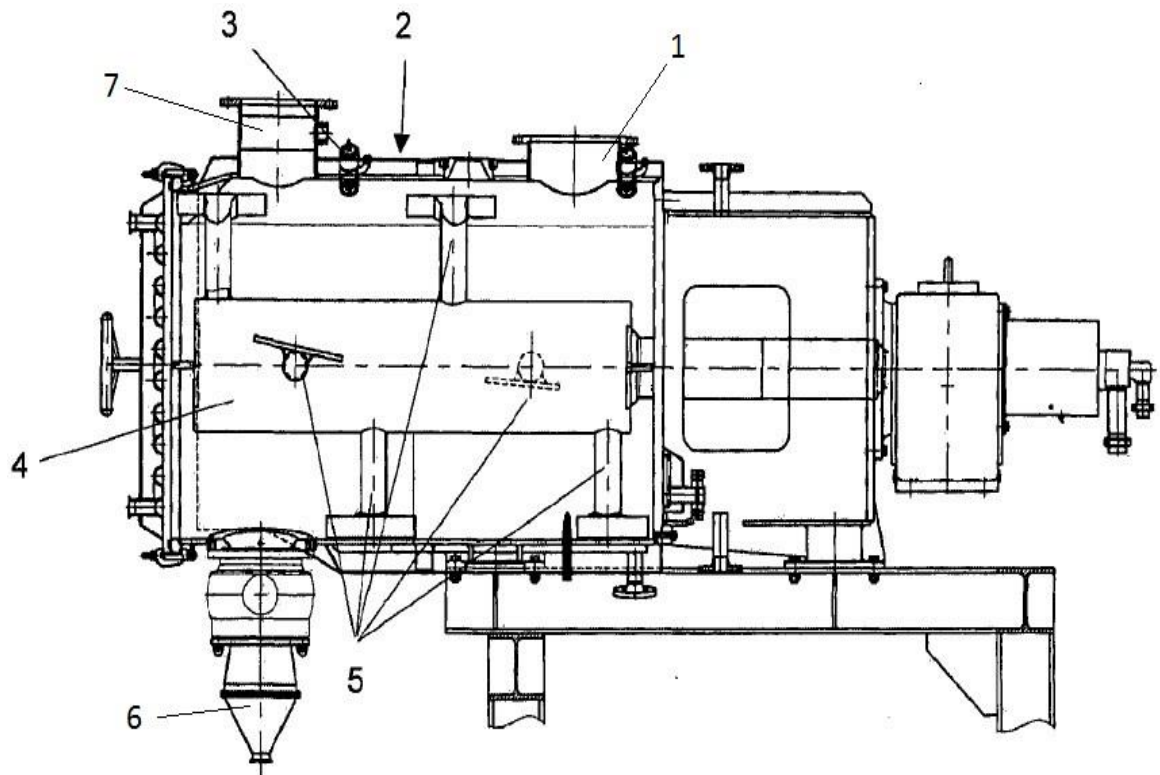
- підвищена ефективність сушіння;
- збільшений контакт матеріалу з теплоносієм;
- легкість конструкції.

Недоліки:

- великі енерговитрати;
- велика металоємність;

4. Горизонтальна лопатева сушарка [14], зображена на рисунку 3.11.

Матеріал через завантажувальний патрубок потрапляє в герметично закритий барабан, стінки якого нагріті. В барабані обертається ротор з лопатками, що забезпечує перемішування матеріалу і поступове його сушіння і пересування до розвантажувального патрубку. Волога видаляється через патрубок для відведення вологи.



1,6 – завантажувальний і розвантажувальний патрубки; 2 – барабан; 3 – висувна промивальна головка; 4 – ротор; 5 – лопатки; 7 – патрубок для відведення вологи

Рисунок 3.11 – Схема горизонтальної лопатевої сушарки

Переваги:

- автоматизована система очистки барабану;

Недоліки:

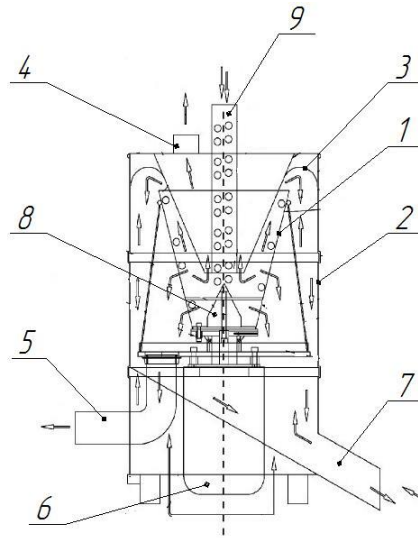
- великі енерговитрати;
- ускладнена герметизація;
- велика металоемність;

5. Відцентрова сушарка [15], зображена на рисунку 3.12.

Матеріал через патрубок подається до обертового конусоподібного

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

перфорованого барабана, де він за рахунок відцентрової сили при обертанні починає рівномірно розподілятися по барабані, де з нього видаляється вода, і пересуватися до сушильного корпусу, де проходить додатковий процес сушіння.



1 – обертовий конусоподібний перфорований барабан; 2 – сушильний корпус; 3 – дефлектор; 4 – патрубок відведення теплоносія; 5 – патрубок відведення води; 6 – привід обертання барабана; 7 – патрубок входу теплоносія та відведення висушеного матеріалу; 8 – відцентровий конус; 9 – патрубок завантаження матеріалу

Рисунок 3.12 – Схема відцентрової сушарки

Переваги:

- автоматизована система очистки барабану;
- велика ефективність.

Недоліки:

- великі енерговитрати;
- велика металоємність;

4. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції апаратів

4.1 Розрахунок центрифуги

4.1.1 Параметричний розрахунок центрифуги

Метою розрахунку є обрати тип фільтруючого апарату для коксу і знайти необхідну кількість апаратів.

Конструкція центрифуги представлена на рисунку 4.1.

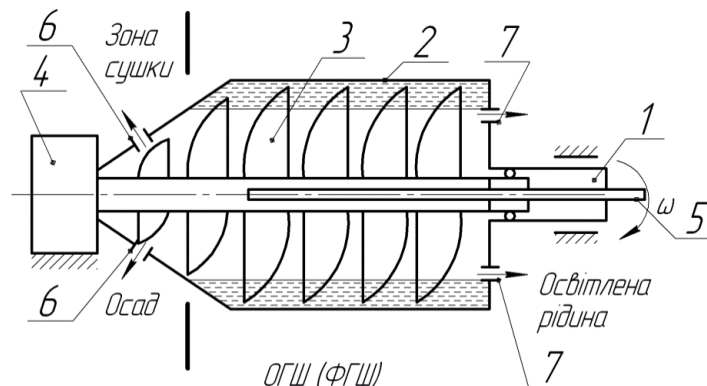


Рисунок 4.1 – Схема центрифуги

Вихідні дані:

продуктивність за суспензією G_1 , кг/с	0,12;
початкова масова концентрація твердих частинок x_1 , %	23;
кінцева масова концентрація твердих частинок x_2 , %	84;
мінімальний розмір твердих частинок d_{min} , м	$2 \cdot 10^{-6}$;
густина твердої фази ρ , кг/м ³	2250;
густина рідкої фази ρ_r , кг/м ³	1000;
динамічна в'язкість рідини μ , Па·с	$0,8 \cdot 10^{-3}$;
діаметр ротора D , м	0,4;
довжина циліндричної частини ротора L , м	0,6;

частота обертання ротору n , об/хв	6100;
коефіцієнт заповнення центрифуги φ	0,5;
радіус зливу R_1 , м	0,14;
добова норма продуктивності G_{dob} , т	10;

Розрахунок проводимо за методикою, що наведена в [16].

Визначення тиску фільтрації

Визначаємо робочий об'єм барабана:

$$V_c = 0,785 D^2 L \varphi, \text{ м}^3 \quad (4.1)$$

Поверхня фільтрації центрифуги:

$$F = \pi D L, \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

Тиск фільтрації:

$$\Delta p = \frac{0,011 M R n^2}{F}, \text{ Па} \quad (4.3)$$

Отже, визначили тиск фільтрації.

Визначення питомої продуктивності

За час центрифугування було профільтровано $f = 0,2 \text{ м}^3$ суспензії.

Кількість осаду за час центрифугування:

$$G = 1100 f x_1, \text{ кг} \quad (4.4)$$

Питома продуктивність:

$$G_{\text{pit}} = \frac{G}{F \tau}, \text{ кг} / \text{м}^2 \cdot \text{год} \quad (4.5)$$

Визначаємо фактор розділення:

$$\Phi_p = \frac{R n^2}{900} \quad (4.6)$$

Визначення кількості центрифуг для виконання добової норми

Для забезпечення виконання завдання, доцільно обрати фільтраційну

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

центрифугу безперервної дії зі шнековим вивантаженням осаду. Параметри центрифуги задані на початку розділу.

Добова продуктивність однієї центрифуги для 20 годин роботи:

$$G_{pit20} = 0,75t_{20}G_{pit}, \text{ кг} \quad (4.7)$$

Потужність на подолання інерції маси коксу, що подається в ротор центрифуги:

$$N_1 = \frac{G_6 \cdot (\omega \cdot R)^2}{2 \cdot \tau_{\pi}}, \text{ Вт} \quad (4.8)$$

Кількість центрифуг:

$$N = \frac{G_{dob}}{G_{pit20}} \quad (4.9)$$

Алгоритмічна схема, таблиця ідентифікаторів та програма розрахунку знаходяться у додатку В.

Висновок: за розрахунками було визначено фільтруючий тип центрифуги, необхідну для нормального забезпечення протікання процесу, обрано фільтруючу центрифугу зі шнековим вивантаженням осаду. За розрахунками було визначено: тиск фільтрації $\Delta p = 3,92 \cdot 10^5$ Па, поверхню фільтрації центрифуги $F = 0,628 \text{ м}^2$, питома продуктивність $G_{pit} = 67,14 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год}$, фактор розділення $\Phi_p = 720$, необхідна кількість центрифуг $N = 14$.

4.1.2 Розрахунок ротора центрифуг на міцність

Метою розрахунку є визначення напруження ротора та перевірити, чи виконується умова міцності

Вихідні дані:

радіус ротора R , м	0,2;
довжина циліндричної частини ротора L , м	0,8;
частота обертання ротору n , с^{-1}	6100;

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

радіус зливу $R_1, \text{м}$	0,14;
допустиме напруження для матеріалу ротора $[\sigma], \text{Па}$	$182 \cdot 10^6$;
густина матеріалу ротора $\rho, \text{кг/м}^3$	7850;
густина суспензії $\rho_c, \text{кг/м}^3$	1100;

Розрахунок ведемо за методикою, що викладена в [32]. На рисунку 4.2 наведена схема прикладання внутрішніх сил до циліндричної обичайки:

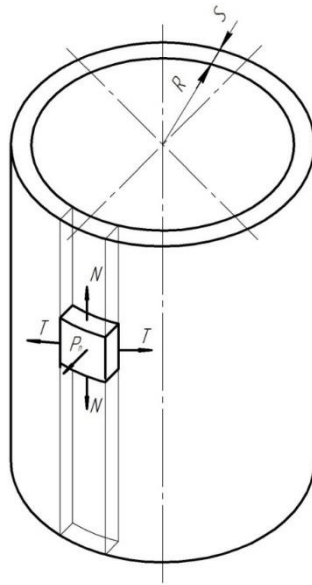


Рисунок 4.2 – Схема прикладання сил.

Розрахунок ведеться в безмоментній зоні.

Кутова швидкість:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ рад/с} \quad (4.10)$$

Лінійна швидкість ротора:

$$w = \omega R, \text{ м/с} \quad (4.11)$$

Умовний коефіцієнт заповнення ротора:

$$\phi = \frac{R^2 - R_1^2}{R^2} \quad (4.12)$$

Критерій Ньютона:

$$Ne = \frac{[\sigma]}{w^2 \rho} \quad (4.13)$$

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Оскільки $Ne > 2,54$ – обичайка ротора тонкостінна.

Співвідношення густини суспензії до густини матеріалу ротора:

$$\lambda = \frac{\rho_c}{\rho} \quad (4.14)$$

Розрахункова товщина стінки циліндричної частини ротора:

$$s_R = \frac{\lambda \phi R \cdot w^2 \rho}{2([\sigma] \phi - w^2 \rho)}, \text{м} \quad (4.15)$$

Приймаємо товщину стінки ротора $s = 10 \cdot 10^{-3}$ м.

Допустима кутова швидкість $[\omega]$ суцільної обичайки з умови її міцності:

$$[\omega] = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{[\sigma] \phi}{\frac{\rho_c R \phi}{2(S-C)} + \rho}}, \text{рад/с} \quad (4.16)$$

Перевіряємо умову міцності:

$$\omega < [\omega]$$

$$188,64 < 761$$

Умова міцності виконується.

Радіальне переміщення стінки:

$$\Delta = \frac{\rho_c \omega^2 R^4}{2E(S-C)} \phi \left(1 - \frac{\mu \cdot \phi}{4} \right) + \frac{\rho \omega^2 R^3}{E}, \text{м} \quad (4.17)$$

Таблиця з ідентифікаторами, блок-схема розрахунку, підстановка та обрахунок числових даних виконані в середовищі MathCad (див. додаток Г).

Висновок: за результатами розрахунків було визначено розрахункову товщину стінки ротора центрифуги, яку прийняли $S = 12$ мм, та перевірена умова міцності ротора, були знайдено радіальне зміщення стінки ротора ($\Delta = 1.116 \cdot 10^{-5}$ м) під час роботи.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

4.1.3 Розрахунок конічної частини обичайки ротора центрифуги в безмоментній зоні

Мета розрахунку: розрахувати товщину стінки конічної частини обичайки ротора в безмоментній зоні.

Методика розрахунку згідно з [18].

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.3.

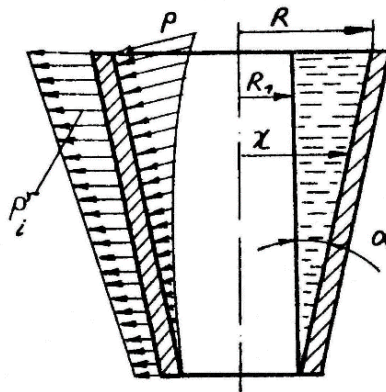


Рисунок 4.3 – Схема навантажень на конічну обичайку

Вихідні дані:

Найбільший внутрішній радіус ротора R , м	0,2;
Коефіцієнт заповнення ψ	0,5;
Кутова швидкість ротора ω , рад/с	188,4;
Густина суспензії ρ_c , кг/м ³	838,2;
Матеріал ротора	сталь 12X18H10T
Густина матеріалу ротора ρ , кг/м ³	7900;
Модуль повздовжньої пружності E , МПа	$2,05 \cdot 10^5$;
Коефіцієнт Пуассона μ	0,3;
Допустиме напруження матеріалу обичайки ротора $[\sigma]$, МПа	178;

Коефіцієнт міцності зварних швів ϕ	0,9;
Кут конуса обичайки α , град.	8;
Прибавка до розрахункової товщини стінки c , м	0,0005.

Розрахункова товщина стінки конічної обичайки у безмоментній зоні:

$$S_{кр} = \frac{\rho_c \cdot \omega^2 \cdot R^3 \cdot \psi}{2 \cdot ([\sigma] \cdot \phi - \rho \cdot \omega^2 \cdot R^2) \cdot \cos \alpha} =$$

$$= \frac{1238,2 \cdot 109,9^2 \cdot 0,175^3 \cdot 0,32 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot \left(178 \cdot 0,9 - \frac{7900 \cdot 188,4^2 \cdot 0,2^2}{10^6} \right) \cdot \cos 8^\circ} = 0,0134 \text{ м.}$$

Враховуючи прибавки:

$$S = S_{кр} + c = 0,0134 + 0,0005 = 0,0139 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину стінки $S = 0,016 \text{ м.}$

Допустима кутова швидкість конічної частини обичайки ротора центрифуги з умови її міцності:

$$[\omega]_к = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{[\sigma] \cdot \phi}{\frac{\rho_c \cdot \psi \cdot R}{(2 \cdot (S - c) \cdot \cos \alpha) + \rho}}} =$$

$$= \frac{1}{0,2} \cdot \sqrt{\frac{178 \cdot 0,9 \cdot 10^6}{\frac{1238,8 \cdot 0,32 \cdot 0,2}{(2 \cdot (0,016 - 0,0005) \cdot \cos 8^\circ) + 7900}}} = 247,28 \text{ рад/с.}$$

Тоді:

$$\omega < [\omega]_к;$$

$$188,4 \text{ рад/с} < 247,28 \text{ рад/с.}$$

Таким чином умова міцності конічної частини обичайки ротора центрифуги виконується.

Висновок: У результаті розрахунку ми отримали товщину стінки конічної обичайки, для якої виконується умова міцності в безмоментній зоні з врахуванням прибавок. Враховуючи стандартний ряд та вимоги до транспортування приймаємо значення $S = 0,016 \text{ м.}$

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

4.2 Розрахунок барабанної сушарки

4.2.1 Параметричний розрахунок барабанної сушарки

Метою розрахунку є визначення основних геометричних розмірів барабанної сушарки.

Схема барабанної сушарки зображена на рисунку 4.4.

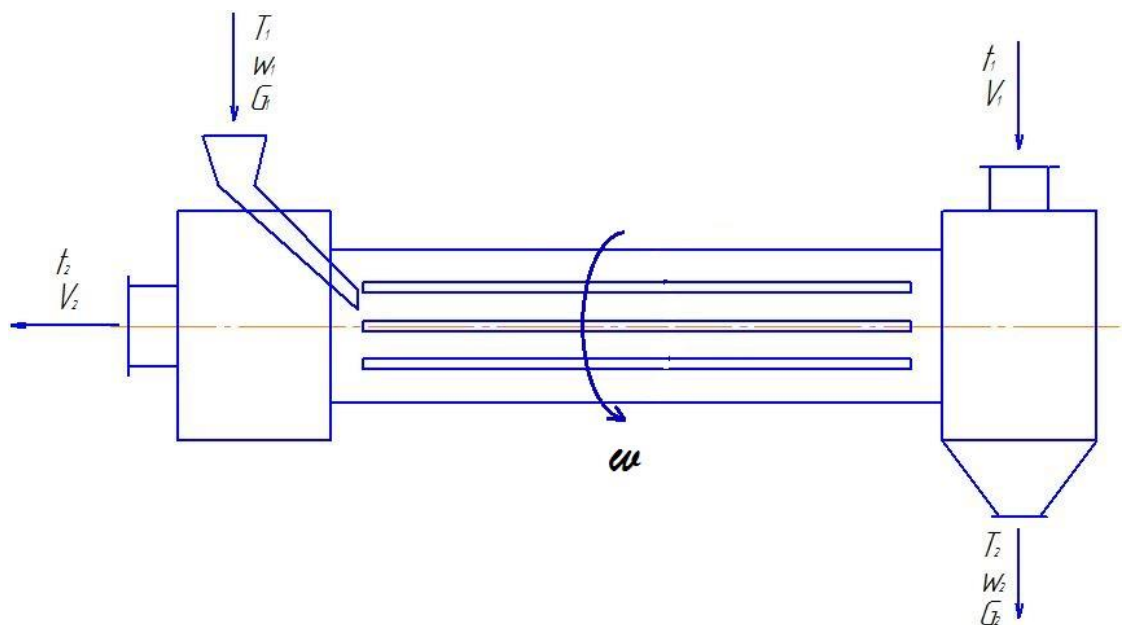


Рисунок 4.4 – Схема барабанної сушарки

Розрахунок проведемо за методикою наведеною в [17].

Насадка – лопатева. Сушильний агент – повітря, так як недопустиме засмічення продукту. Схема руху сушильного агента і матеріалу в сушарці протитечійна.

Проведемо розрахунок сушарки аналітичним методом.

Вихідні дані:

Продуктивність сушарки по кінцевому продукту, кг/год, (G)	1500.
Початкова вологість матеріалу, %, (ω_1)	16.
Кінцева вологість матеріалу, %, (ω_2)	4.
Температура повітря на вході в сушарку, °C, (t_1)	300.

Температура повітря на виході з сушарки, °C , (t_2)	140.
Температура коксу на вході в барабан, °C , (T_1)	25.
Температура коксу на виході з барабана, °C , (T_2)	90.
Густина, кг/м ³ , (ρ)	2150.
Насипна густина, кг/м ³ , (ρ_n)	1100.
Барометричний тиск в даній місцевості, мм.рт.ст., (B)	760.
Вологість повітря , %, (φ_0)	82.
Коефіцієнт заповнення барабана, %, (β)	20.

Аналітичним методом визначаємо d_0 і l_0 .

Вологовміст зовнішнього повітря:

$$d_0 = 622 \cdot \frac{\varphi_0 p_H}{B - \varphi_0 p_H} \quad (4.18)$$

Тепловміст зовнішнього повітря:

$$l_0 = 0.24t + (595 + 0.47t) \cdot \frac{d_0}{1000}, \text{ кДж/кг} \quad (4.19)$$

Параметри повітря на виході з калорифера:

$$t_1 = 300^\circ\text{C}; \quad d_1 = d_0 = 1.4; \quad l_1 = 181.326 \text{ кДж/кг.}$$

Параметри повітря на виході з сушарки:

$$t_2 = 140^\circ\text{C} , \quad \varphi_2 = 55 \% , \quad d_2 = 221.985 \text{ кДж/кг.}$$

При температурі 300°C т $p_H = 4830 \text{ кг/м}^3$

$$l_2 = 159.628 \text{ кДж/кг.}$$

Матеріальний баланс сушарки.

Кількість матеріалу що надходить на сушку.

$$G_1 = G_{sux} \cdot \frac{100}{100 - \omega_1}, \text{ кг/год} \quad (4.20)$$

Кількість висушеного матеріалу

$$G_2 = G_{sux} \cdot \frac{100}{100 - \omega_2}, \text{ кг/год} \quad (4.21)$$

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Кількість видаляємої вологи

$$W = G_1 - G_2, \text{ кг/год} \quad (4.22)$$

Перевіряємо цю величину за формулою

$$W = G_1 \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2}, \text{ кг/год} \quad (4.23)$$

Попередній вибір основних габаритних розмірів барабана. Задаємося напругою барабана по вологі і вибираємо діаметр барабана : $A_v = 75 \text{ кг/м}^3$ і $D_b = 1000 \text{ мм}$.

Об'єм барабана

$$V_b = \frac{W}{A_v}, \text{ м}^3 \quad (4.24)$$

Визначаємо довжину барабана

$$L_b = \frac{V_b}{0.785 D_b^2}, \text{ м} \quad (4.25)$$

Приймаємо $L_b = 6 \text{ м}$ (відповідно до норм); $\frac{L}{D} = \frac{6}{1.2} = 5$ що є допустимим, так як $3.5 < 5 < 7$.

Тепловий баланс сушарки для зимових умов. Питомі витрати сухого повітря на сушку

$$l = \frac{1000}{d_2 - d_0}, \text{ кДж/кг} \quad (4.26)$$

Витрати повітря

$$L = lW, \text{ кДж/год} \quad (4.27)$$

Об'єм повітря на вході в сушарку знайдемо за формулою

$$V_1 = T_1 L, \text{ м}^3 \quad (4.28)$$

Об'єм повітря на виході з сушарки

$$V_2 = T_2 L, \text{ м}^3 \quad (4.29)$$

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Витрати тепла на підігрівання повітря в калорифері

$$q_k = l(l_1 - l_0), \text{кДж/кг} \quad (4.30)$$

Витрати тепла(годинні)

$$Q = q_k \cdot W, \text{кДж/кг} \quad (4.31)$$

Визначення втрат тепла в оточуюче середовище. K – коефіцієнт теплопередачі від повітря в оточуюче середовище.

Середня швидкість повітря в сушарці

$$\omega_{\epsilon}^{cp} = \frac{0.5(V_1 + V_2)}{f_b^2(1 - \beta)}, \text{м/с} \quad (4.32)$$

Середня температура повітря в сушарці

$$t_f = \frac{t_1 + t_2}{2}, \text{°C} \quad (4.33)$$

Фізичні константи повітря наступні

$$\nu = 45.5335 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{сек} ; \lambda = 3.648 \cdot 10^{-2} \text{ кДж} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град.}$$

Визначаємо режим руху повітря

$$\text{Re} = \frac{\omega_{\epsilon}}{\nu} \quad (4.34)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від повітря до стінки за рахунок вимушеної конвекції

$$\text{Nu} = 0.018 \text{Re}_f^{0.8} \cdot \epsilon_l \quad (4.35)$$

$$\epsilon_l = 1.376 \quad (4.36)$$

Тоді

$$\alpha'_1 = \frac{\text{Nu} \lambda}{D} \quad (4.37)$$

Коефіцієнт тепловіддачі за рахунок вільної конвекції

$$\text{Nu}_f = 0.47 \text{Gr}_f^{0.25} \quad (4.38)$$

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Критерій Грасгофа

$$Gr_f = \frac{gD^3}{\nu^2} \cdot \frac{\Delta T}{T} \quad (4.39)$$

тоді

$$\alpha_1'' = \frac{Nu\lambda}{D} \quad (4.40)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від повітря до стінки

$$\alpha_1 = k(\alpha_1' + \alpha_1'') \quad (4.41)$$

Вважаємо, що температура в цеху рівна 20 °С, а температура ізольованої зовнішньої стінки барабана $t_{\omega_2} = 30^\circ\text{C}$. Середня температура граничного шару повітря біля стінки:

$$t_{n.сл.} = \frac{30+15}{2} \approx 22,5^\circ\text{C}$$

Для цих умов $\nu = 15.1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{сек}$; $\lambda = 2.25 \cdot 10^{-2} \text{ кДж/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$. Тоді критерій Грасгофа

$$Gr = \frac{gD^3}{\nu^2} \cdot \frac{\Delta T}{T} \quad (4.42)$$

З урахуванням товщини стінки і шару ізоляції зовнішній діаметр D_H барабана орієнтовно приймаємо рівним 2м. Тоді $(GrPr) > 2 \cdot 10^6$. За цими даними вибираємо відповідну формулу для розрахунку:

$$Nu_m = 0.135 \cdot \sqrt[3]{Gr \cdot Pr} \quad (4.43)$$

$$\alpha_2' = \frac{Nu \cdot \lambda}{D_H} \quad (4.44)$$

Коефіцієнт тепловіддачі за рахунок випромінювання

$$\alpha_2'' = \frac{\varepsilon \cdot C_0 \cdot \left[\left(\frac{T_{cm}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{cp}}{100} \right)^4 \right]}{T_{cm} - T_{cp}} \quad (4.45)$$

де $\varepsilon = 0.95$ – степінь чорноти для поверхні, покритої масляною фарбою.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки барабана до повітря

$$\alpha_2 = \alpha_2' + \alpha_2'' \quad (4.46)$$

Визначимо необхідну товщину шару ізоляції. Вважаємо, що шар ізоляції, товщиною δ_2 , захищений кожухом із заліза $\delta_2 \approx 1$ мм, коефіцієнт теплопровідності заліза $\lambda_3 = 39 \text{ кДж/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$. В якості ізоляційного матеріалу вибираємо азбестове волокно ($\lambda = 0.095 \text{ кДж/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$). Товщина стінки барабану $\delta_2 = 10$ мм; $\lambda = 39 \text{ кДж/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$. Також можна записати, що $t_{\omega}'' = t_{\omega_1}$ і $t_{\omega}'' = t_{\omega_2}$, але $t_{\omega_1} = 140^\circ\text{C}$ і $t_{\omega_2} = 30^\circ\text{C}$.

Питомий тепловий потік

$$q_l = \pi D_{\text{вн}} \alpha_1 \left(t_f - t_{\omega_1} \right), \text{ кДж/кг} \quad (4.47)$$

Знаходимо зовнішній діаметр барабана з ізоляцією D_H за наступною формулою:

$$q_l = \frac{2\pi\lambda_{\text{із}} \left(t_{\omega_1} - t_{\omega_2} \right)}{2.3 \lg \frac{D_2}{D_1}}, \text{ кДж/кг} \quad (4.48)$$

де $D_1 = 1.22$ м – зовнішній діаметр барабана. Звідси $D_2 = 1.26$ м і товщина шару ізоляції $\delta_2 = 20$ мм. Уточнюємо зовнішній діаметр барабана:

$$D_H = 1.2 + 2 \cdot 0.01 + 2 \cdot 0.001 + 2 \cdot 0.02 = 1.262 \text{ м.}$$

Сумарний коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \left(\frac{\delta_1 + \delta_3}{\lambda_1} \right) + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} \quad (4.49)$$

Середня різниця температур між сушильним агентом і навколишнім середовищем

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$\Delta t_{\delta} = 300 - 25 = 285^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 140 - 15 = 125^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{2.31g \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}}, ^{\circ}\text{C} \quad (4.50)$$

Поверхня теплообміну

$$F \approx \pi D_H L_{\delta} + 2 \cdot 0.785 D_H^2, \text{ м}^2 \quad (4.51)$$

Втрати тепла в навколишнє середовище

$$q_{\text{П}} = \frac{KF\Delta t_{\text{ср}}}{W}, \text{ кДж/кг} \quad (4.52)$$

Теплоємність матеріалу на виході із сушарки

$$c_{\text{м}} = 0.23 \frac{100 - 4}{100} + \frac{4}{100} = 0.261 \text{ кДж / кг} \cdot \text{град}$$

Складемо тепловий баланс сушарки:

Прихід тепла, кДж/кг вологи

1. З повітрям

$$q = H_0 = -33$$

2. З вологим матеріалом

$$q = T_1 = 25$$

3. З вологим матеріалом

$$q = \frac{G_2}{W} c_{\text{м}} T_1 = 44,293$$

4. Від джерела тепла в калорифері

$$q_K = 1574$$

Витрата тепла, кДж/кг вологи

1. З повітрям

$$q = H_2 = 1389$$

2. З вологого матеріалу

$$q = \frac{G_2}{W} c_{\text{м}} T_2 = 159,227$$

3. Втрати в навк. середовище

$$q_{\text{П}} = 48,784$$

Сума

1610

1597

Різниця балансу – приблизно 12,61 кДж/кг, що складає всього 0.783%.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Розрахунок сушарки для літніх умов.

Цей розрахунок аналогічний розрахунку для зимових умов, змінюються лише параметри навколишнього середовища: $t_0 = 23,2^\circ\text{C}$ і $\phi_0 = 60\%$ (для даного географічного району) і початкова температура матеріалу $T_1 = 30^\circ\text{C}$; $t_{\text{чехи}} = 20^\circ\text{C}$

Приймаємо $\phi_2 = 28\%$ і виконуємо розрахунок аналогічно попередньому:
 $I_0 = 12,453 \text{ кДж/кг}$; $d_0 = 11.363 \text{ г/кг}$; $I_1 = 80,363 \text{ кДж/кг}$; $d_2 = 55,133 \text{ г/кг}$; $l = 22.846 \text{ кг/кг}$; $L = 5253 \text{ кДж/кг}$; $V_1 = 8796 \text{ м}^3/\text{ч}$; $V_2 = 6358 \text{ м}^3/\text{ч}$; $q_K = 1551 \text{ кДж/кг}$; $Q_K = 356800 \text{ кДж/ч}$; $q_{\text{П}} = 53,193 \text{ кДж/кг}$.

Складаємо тепловий баланс сушарки для літніх умов.

Прихід тепла, кДж/кг вологи

1. З повітрям

$$q = I_0 = 284,495$$

2. З вологою матеріалу

$$q = T_1 = 30$$

3. З вологою матеріалу

$$q = \frac{G_2}{W} c_m T_1 = 53,152$$

4. Від джерела тепла в калорифері

$$q_K = 1551$$

Сума

1919

Витрата тепла, кДж/кг вологи

1. З повітрям

$$q = I_2 = 1600$$

2. З вологою матеріалу

$$q = \frac{G_2}{W} c_m T_2 = 159,457$$

3. Втрати в навк. середовище

$$q_{\text{П}} = 53,193$$

1813

Різниця балансу – приблизно 105,33 кДж/кг, що складає всього 5.55%.

Перевіримо розрахунки (для зимових умов).

Визначаємо величину Δ :

$$\Delta = T_1 - (q_m + q_{\text{П}}) \quad (4.53)$$

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$q_m = \frac{G_2}{W} c_m (T_2 - T_1), \text{кДж/кг} \quad (4.54)$$

Перевіримо величину питомої витрати тепла в калорифері:

$$q_K = l(I_2 - I_0) + (q_m + q_{\text{П}}) - T_1, \text{кДж/кг} \quad (4.55)$$

Перевіряємо вибір температури стінки:

$$t_{\omega} = t_f - \frac{K}{\alpha_1} \Delta t_{cp}, \text{°C} \quad (4.56)$$

$$t_{\omega} = t_c - \frac{K}{\alpha_2} \Delta t_{cp}, \text{°C} \quad (4.57)$$

Таблиця з ідентифікаторами, блок-схема розрахунку, підстановка та обрахунок числових даних виконані в середовищі MathCad (див. додаток Д).

Висновок: за наведеною вище методикою розрахунку було встановлені наступні габаритні розміри барабанної сушарки: діаметр барабана $D=1,2$ м; довжина барабана $L=6$ м; об'єм барабана $V=6$ м³. В якості ізоляційного матеріалу прийнято азбестове волокно, товщина шару ізоляції $S=0.062$ м.

Обґрунтування модернізації барабанної сушарки

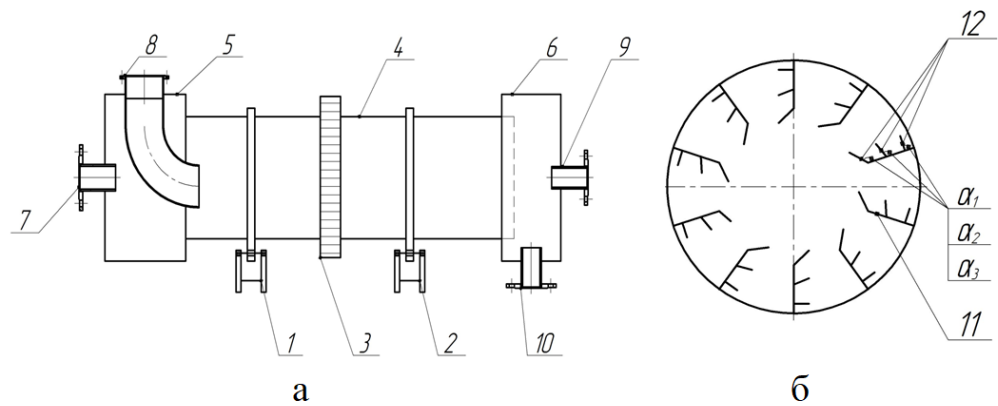
В основу модернізації поставлена задача вдосконалення конструкції барабанної сушарки шляхом встановлення додаткових направляючих, розміщених на перемішуючих лопатях, з різним кутом нахилу, що дозволить збільшити ефективність висушування.

Моделювання роботи розробленої конструкції модернізованої барабанної сушарки виконано у додатку “SolidWorks”. Було виявлено, що збільшується ефективність сушіння за рахунок того, що мертва зона після модернізації зменшується, тобто встановлення додаткових направляючих з різним кутом нахилу дозволило збільшити ефективність.

У додатку було проведено досліді до модернізації сушарки і після модернізації.

Загальна схема конструкції зображена на рисунку 4.5.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50



1 – циліндричний барабан; 2,3 – опорні та упорні ролики; 4 – привідна станція; 5,6 – бункери; 7 – штуцер відводу теплоносія; 8 – штуцер для подачі матеріалу; 9 – штуцер для подачі теплоносія; 10 – вивантажувальний штуцер; 11 – лопаті; 12- направляючі

Рисунок 4.5- Загальний вигляд апарату

а – вид барабанної сушарки; б – поперечний переріз барабанної сушарки.

Поперечний переріз модельованої барабанної сушарки зображений на рисунку 4.6, на виді а рисунка 4.6 зображена імітаційна модель, а на виді б візуалізація результатів моделювання.

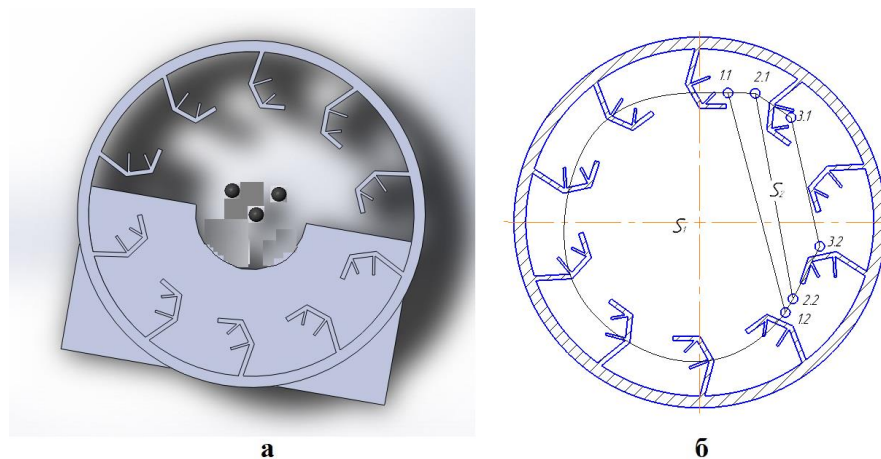


Рисунок 4.6- Поперечний переріз під час ведення розрахунків у SolidWorks та КОМПАС-3D

а- імітаційна модель; б – візуалізація результатів моделювання.

При традиційному розташуванні лопаті, частинка 2.1, після падіння з лопаті займає положення 2.2, а при встановленні додаткових направляючих частинка 3.1 займає положення 3.2, що дає можливість збільшити площу контакту частинок, що висушуються з теплоносієм. Площа $S_1 = 0.507 \text{ м}^2$, а площа $S_2 = 0.109 \text{ м}^2$. Якщо додати одну направляючу, то збільшується на 5%, якщо дві направляючі, то на

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

20%.

Графічним методом було розраховано кут заповнення α і з'ясовано залежність коефіцієнта заповнення. (площа контакту фаз)

Після розрахунків будуюмо графік залежності коефіцієнта заповнення β до довжини барабана L та діаметра барабана D (рисунок 4.7). Крива 1 показує залежність довжини барабану від площі сушильного агенту. Крива 2 показує залежність довжини барабана L від металоємності M .

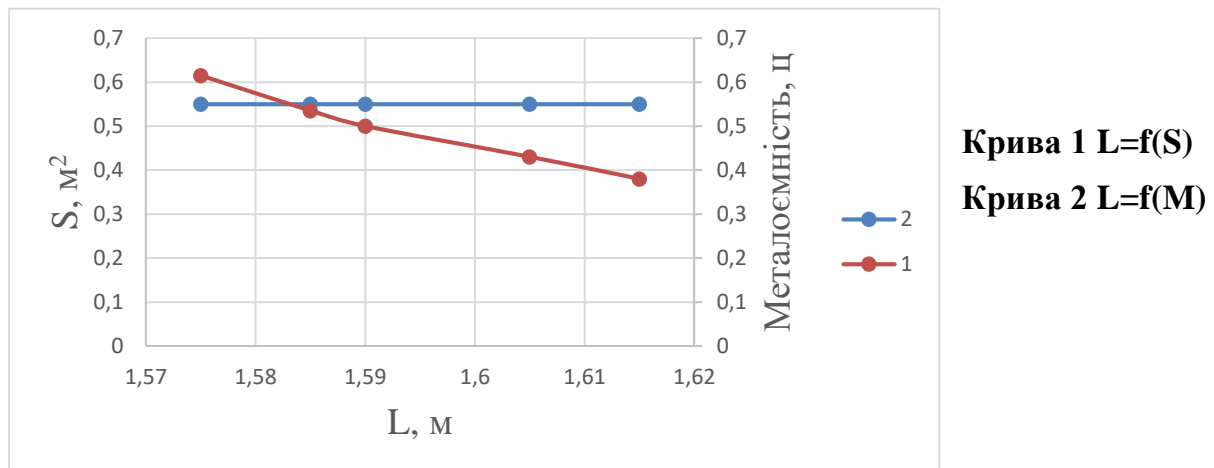


Рисунок 4.7- Графік залежності довжини барабана до швидкості повітря та ціни

Висновок. Згідно з вище приведеним графіком, рисунками і таблицями доведено, що при збільшенні коефіцієнта заповнення β зменшується довжина барабана L . Збільшення степені заповнення барабана призведе до економії капітальних витрат. Також доведено, що при збільшенні кількості лопатей з різним кутом нахилу призведе до зменшення “мертвої зони” сушарки, тобто збільшення ефективності сушіння.

4.2.2 Розрахунок корпусу барабанної сушарки

Метою розрахунку є розрахунок корпусу барабанної сушарки на міцність та жорсткість.

Барабан розглядається як балка, що вільно лежить на двох опорах. Вага барабана, насадки, бандажів, матеріалу, що завантажується, ізоляції – розглядається як рівномірно розподілене навантаження q по довжині барабана, вага вінцевої шестерні – як зосереджена сила Q_6 .

Розрахункова схема барабанної сушарки наведена на рисунку 4.8.

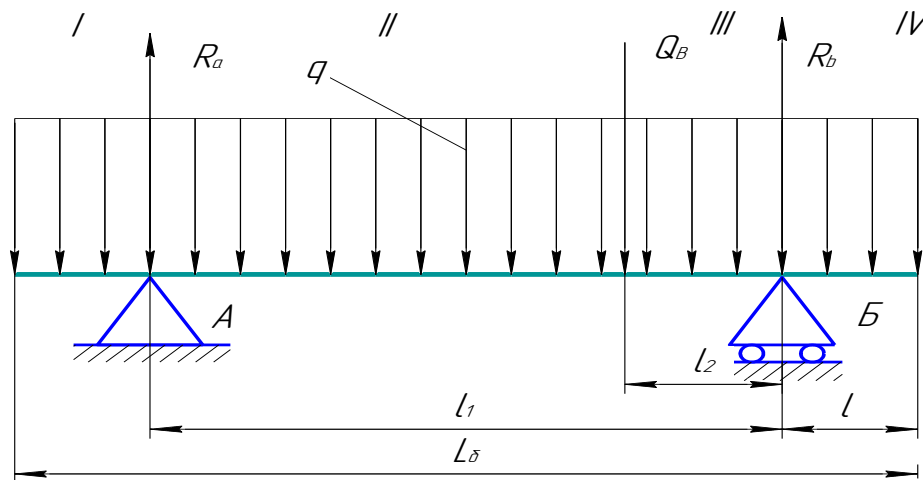


Рисунок 4.8 – Розрахункова схема барабанної сушарки

Вихідні дані:

Відстань від кінця барабана до опорної станції, м (l)	0,78.
Відстань між станціями, м (l_1)	3.
Відстань від опорної станції до шестерні, м (l_2)	1,5.
Матеріал корпусу барабана	12X18H10T ГОСТ 5632–72.
Маса корпусу барабана, кг ($m_б$)	1066.
Допустиме напруження, МПа ($[\sigma]$)	135.
Модуль пружності, МПа (E)	$2,2 \cdot 10^5$.
Маса зубчастого вінця, кг ($m_в$)	430.
Маса насадки, кг (m_H)	4.
Насипна густина матеріалу, кг/м ³ (ρ_m)	1100.
Густина матеріалу ізоляції, кг/м ³ ($\rho_{із}$)	170.

Розрахунок здійснюється за методикою наведеною в [32].

Перевірка міцності корпусу

Навантаження від зубчастого вінця

$$Q_B = 9,81 m_B, \text{ Н} \quad (4.58)$$

Маса теплової ізоляції на корпусі барабана

$$m_{із} = \rho_{із} \cdot 0,785 \left(D_{біз}^2 - D_б^2 \right) L_б, \text{ кг} \quad (4.59)$$

Загальна маса корпусу ізольованого барабана, бандажа з башмаками, зубчастого вінця та насадки

$$m_{\zeta 3} = m_{\zeta} + 2m_{\zeta \text{аш}} + m_{\text{в}} + m_{\text{н}} + m_{\text{из}}, \text{ кг} \quad (4.60)$$

Лінійне навантаження від маси барабана

$$q_2 = \frac{9,81m_{\zeta 3}}{L_{\zeta}}, \text{ Н/м} \quad (4.61)$$

Маса матеріалу, що знаходиться в сушарці

$$m_{\text{м}} = \beta \rho_{\text{м}} L_{\zeta} \frac{\pi D_{\text{вн}}^2}{4}, \text{ кг} \quad (4.62)$$

Лінійне навантаження від маси матеріалу

$$q_1 = \frac{9,81m_{\text{м}}}{L_{\zeta}}, \text{ Н/м} \quad (4.63)$$

Сумарна маса барабана та матеріалу

$$m = m_{\zeta 3} + m_{\text{м}}, \text{ кг} \quad (4.64)$$

Лінійне навантаження

$$q = \frac{9,81m}{L_{\zeta}}, \text{ Н/м} \quad (4.65)$$

Реакція на опорах

$$R_{\text{а}} = \frac{qL_{\zeta}}{2} + \frac{Q_{\text{в}}l_2}{l_1}, \text{ Н} \quad (4.66)$$

$$R_{\zeta} = \frac{qL_{\zeta}}{2} + \frac{Q_{\text{в}}(l_1 - l_2)}{l_1}, \text{ Н} \quad (4.67)$$

Будуємо епюру навантаження барабана поперечними силами

$$Q(0) = 0 \text{ Н}; \quad Q(1,5) = -8742 \text{ Н}$$

$$Q(1,5) = 10853 \text{ Н}; \quad Q(3) = 2109 \text{ Н}.$$

$$Q(3) = -2109 \text{ Н}; \quad Q(4,5) = -10851 \text{ Н}.$$

$$Q(4,5) = 8742 \text{ Н}; \quad Q(6) = 0 \text{ Н}.$$

Епюра навантаження барабана поперечними силами зображена на рисунку 3.3.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Максимальний вигинаючий момент, що діє на барабан,

$$M_{\max} = \frac{qL_{\sigma}(2l_1 - L_{\sigma})}{4} + \frac{Q_B(l_1 - l_2)}{l_1}, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.68)$$

Будуємо епюру вигинаючих моментів барабана, від навантаження поперечними силами

$$M(0) = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad M(1,5) = -6556 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M(1,5) = -6556 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad M(3) = 3163 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M(3) = 3163 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad M(4,5) = -6556 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M(4,5) = -6556 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad M(6) = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Епюра вигинаючих моментів, що діють на барабан зображена на рисунку 4.7.

Середній діаметр барабана

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_{\sigma} + D_{\text{вн}}}{2}, \text{ м} \quad (4.69)$$

Момент опору перерізу корпусу барабана

$$W = s_{\sigma} \frac{\pi D_{\text{ср}}^2}{4}, \text{ м}^3 \quad (4.70)$$

Напруження у корпусі барабана

$$\sigma_{\sigma} = \frac{M_{\max}}{W \cdot 10^6}, \text{ МПа} \quad (4.71)$$

Перевірка виконання умови міцності

$$[\sigma] \geq \sigma_{\sigma}.$$

$$10 \geq 0,184$$

Перевірка жорсткості корпусу сушарки.

Момент інерції одиночного кільця барабана

$$I = \frac{L_{\sigma} s_{\sigma}^3}{12}, \text{ м}^2 \quad (4.72)$$

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

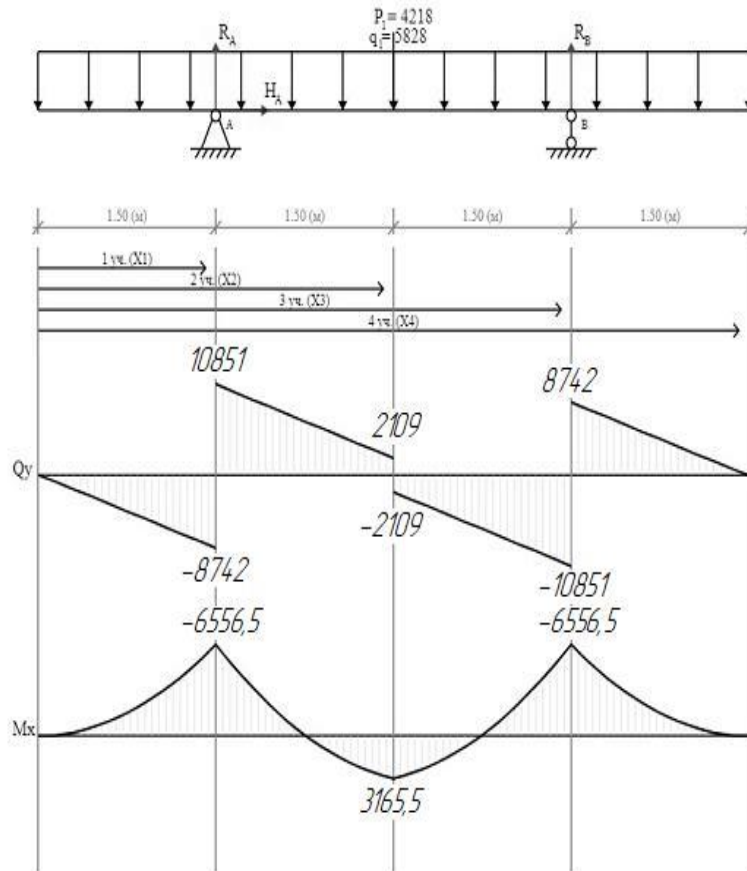


Рисунок 4.9 – Епюра навантаження поперечними силами та вигинаючих моментів, що діють на барабан

Сумарний прогин від діючих навантажень

$$y_{\max} = \frac{D_{\text{ср}}^3}{4(E \cdot 10^6)I} (0,04q_1 + 0,002q_2), \text{ м} \quad (4.73)$$

Відносний прогин

$$\varepsilon = \frac{y_{\max}}{D_{\text{ср}}} \quad (4.74)$$

$$\varepsilon = 0,00029$$

$$\varepsilon < 1/200 = 0,005$$

Умова жорсткості виконується.

Таблиця з ідентифікаторами, блок-схема розрахунку, підстановка та обрахунок числових даних виконані в середовищі MathCad (див. додаток Е).

Висновок: Розраховано параметри корпусу барабанної сушарки і

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

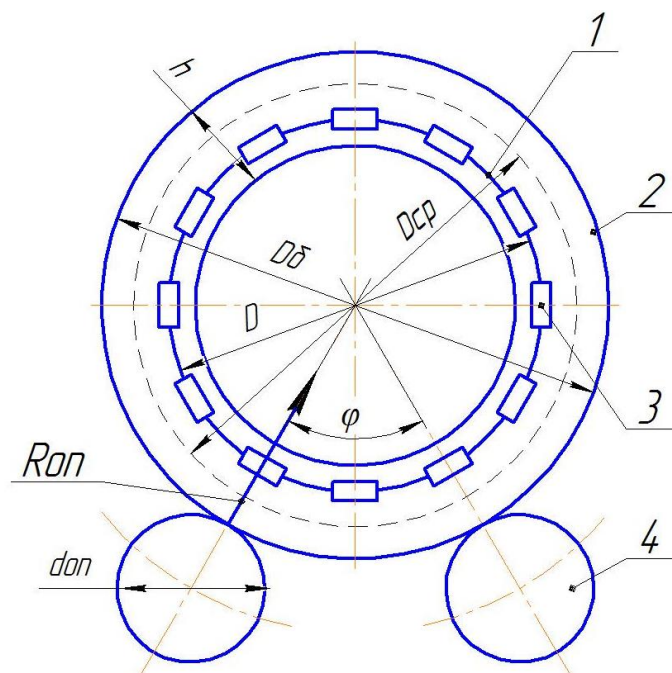
підтверджено виконання умови на міцність та жорсткість. Визначені навантаження на деталі.

4.2.3 Розрахунок вільно надітого бандажа з умов його роботи на прогин та контактну міцність

Мета: розрахувати вільно надітий бандаж з умов його роботи на прогин та контактну міцність.

Розрахунок здійснюється за методикою наведеною в [32].

Розрахункова схема бандажа зображена на рисунку 4.10.



1 – барабан, 2 – бандаж, 3 – башмак, 4 – опорний ролик

Рисунок 4.10 – Розрахункова схема бандажа

Дані для розрахунку:

Матеріал бандажа Сталь 90Г ГОСТ 7417.

Допустиме напруження на прогин, МПа ($[\sigma]_{np}$) 50.

Модуль пружності матеріалу бандажа під час розтягу, МПа (E) $1,85 \cdot 10^5$.

Зовнішній діаметр бандажа, м (D_b) 1,42.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Стандартна ширина бандажа, м (b) 0,135.

Стандартна висота перерізу бандажа, м (h) 0,115.

Середній діаметр бандажа розраховується із співвідношення $D_{\text{ср}} = kD_{\text{зов}}$, де $k=1,14\dots1,22$. Приймаємо $k=1,2$. Тоді

$$D_{\text{ср}} = 1,2D_{\text{зов}}, \text{ м} \quad (4.75)$$

Середній радіус бандажа

$$R_{\text{ср}} = \frac{D_{\text{ср}}}{2}, \text{ м} \quad (4.76)$$

Максимальна реакція опори

$$R_{\text{он}} = \frac{\max(R_a, R_b)}{10^6}, \text{ МН} \quad (4.77)$$

Максимальний вигинаючий момент у вільно надітому бандажі

$$M_{\text{max}} = 0,063R_{\text{он}}R_{\text{ср}}, \text{ МПа} \quad (4.78)$$

Момент опору перерізу бандажа

$$W = \frac{bh^2}{6}, \text{ м}^3 \quad (4.79)$$

Напруження, що виникає у бандажі

$$\sigma_b = \frac{M_{\text{max}}}{W}, \text{ МПа} \quad (4.80)$$

$$\sigma_b \leq [\sigma],$$

$$2,447 \leq 50$$

Таблиця з ідентифікаторами, блок-схема розрахунку, підстановка та обрахунок числових даних виконані в середовищі MathCad (див. додаток Є).

Висновок: розраховано вільно надітий бандаж з умов його роботи на прогин та контактну міцність. Підтверджено її надійність.

4.2.4 Розрахунок опорних роликів

Мета: розрахувати опорні ролики.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Розрахунок здійснюється за методикою наведеною в [32].

Схема опорного ролика зображена на рисунку 4.11.

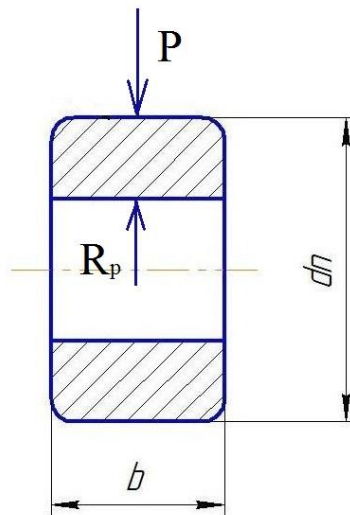


Рисунок 4.11 – Схема розрахунку опорних роликів

Дані для розрахунку:

Матеріал роликів	Сталь 90Г ГОСТ 7417.
Допустиме контактне напруження, МПа ($[\sigma]_к$)	500.
Модуль пружності матеріалу роликів, МПа (E)	$2 \cdot 10^5$.
Діаметр опорного ролика, м (d_p)	0,25.
Вага опорного ролика, кг (m_p)	37.
Кут між опорними роликами, ...° (φ)	30.
Допустима межа текучості, МПа (σ_m)	245.
Допустима межа витривалості, МПа (σ_6)	491.

Реакція опорного ролика, коли відоме максимальне навантаження на опору

$$R_p = \frac{R_{op}}{2 \cos(\varphi)}, \text{ МН} \quad (4.81)$$

Максимальний контактний тиск між бандажем та опорним роликом для паралельних циліндричних поверхонь із матеріалів з однаковим модулем пружності, за формулою Герца

$$P = 0,418 \sqrt{\frac{R_p E (D_{\text{зов}} + d_p)}{b D_{\text{зов}} d_p}}, \text{ МПа} \quad (4.82)$$

Допустиме контактне напруження за умови відсутності течії матеріалу та за відсутності обертання барабана становить $2\sigma_m$. Отже умова контактної міцності $P < 2\sigma_T$ ($105,306 < 490$) виконується.

Таблиця з ідентифікаторами, блок-схема розрахунку, підстановка та обрахунок числових даних виконані в середовищі MathCad (див. додаток Є).

Висновок: розраховано основні параметри опорного ролика, та з розрахунків підтверджено, що як $P < 490$ ($105,306 < 490$), то умова контактної міцності виконується.

4.2.5. Розрахунок упорних роликів

Мета: розрахувати упорні ролики.

Розрахунок здійснюється за методикою наведеною в [32].

Розрахункова схема упорного ролика зображена на рисунку 4.12.

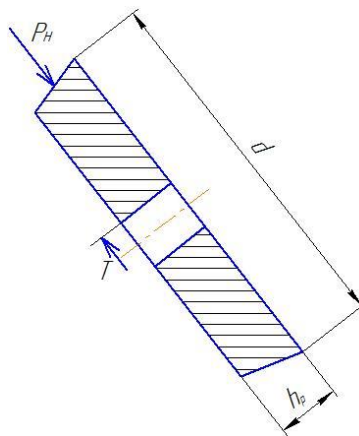


Рисунок 4.12 – Розрахункова схема упорного ролика

Дані для розрахунку:

Матеріал роликів	Сталь 90Г ГОСТ 7417.
Допустиме контактне напруження бандажа, МПа ($[\sigma]_6$)	350.
Модуль пружності матеріалу роликів, МПа (E)	$2 \cdot 10^5$.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Діаметр упорного ролика, м (d)	0,15.
Кут між упорними роликами, ...° (2γ)	17.
Кут нахилу барабана, ...° (α)	1,388.
Висота ролика, м (h_p)	0,032.
Вага барабана, Н (G)	10660.
Діаметр бандажу, м (D_b)	1,42.

Розраховуємо зусилля T

$$T = 0,04G, \text{ Н} \quad (4.83)$$

Нормальну складову, що діє на ролик знаходимо за такою формулою:

$$P_H = \frac{G}{\sin(90 - \alpha + \gamma)}, \text{ Н} \quad (4.84)$$

Для знаходження максимального контактного тиску від дії сили P_H визначаємо складові цієї формули:

$$l = \frac{h_p}{\cos(\gamma)}, \text{ м} \quad (4.85)$$

$$R_H = \frac{D_b - h_p}{2 \sin \gamma}, \text{ м} \quad (4.86)$$

$$r_H = \frac{D_b - h_p}{2} \cdot \frac{\tan \gamma}{\cos \gamma}, \text{ м} \quad (4.87)$$

Знаходимо максимальний контактний тиск від сили P_H

$$p = 0,418 \sqrt{\frac{P_H E (R_H + r_H)}{l R_H r_H}}, \text{ Па} \quad (4.88)$$

Таблиця з ідентифікаторами, блок-схема розрахунку, підстановка та обрахунок числових даних виконані в середовищі MathCad (див. додаток Є).

Висновок: розраховано основні параметри упорного ролика, та з розрахунків підтверджено, що умова контактної міцності виконується ($\sigma_k < \sigma_b$, 331,9 < 350 МПа).

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

4.2.6 Розрахунок потужності двигуна сушарки

Мета: розрахувати необхідну потужність електродвигуна.

Розрахунок проведено за методикою [32].

Розрахункову схему електродвигуна наведено на рисунку 4.13.

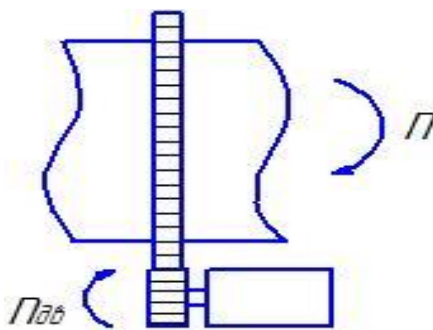


Рисунок 4.13 – Розрахункова схема електродвигуна

Вихідні дані:

Діаметр барабана, м (D_b)	1,2.
Довжина барабана, м (L_b)	6.
Об'єм барабана, м ³ (V_b)	6.
Напруження барабана по волозі, кг/(м ³ год) (A_v)	39.
Насипна густина матеріалу, кг/м ³ (ρ_m),	1100.

Знаходимо час сушіння:

$$\tau_1 = 60 \cdot \beta \cdot \rho_m \frac{V_b}{G_1}, \text{ хв} \quad (4.89)$$

$$\tau_2 = 120 \frac{\beta \rho_m (w_1 - w_2)}{A_v [200 - (w_1 - w_2)]}, \text{ хв} \quad (4.90)$$

$$\tau = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2}, \text{ хв} \quad (4.91)$$

Час сушіння складає 35 хв.

Для барабанних сушарок частота обертання барабану $n = 1-8 \text{ хв}^{-1}$.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Приймаємо $n = 4 \text{ хв}^{-1}$.

Розраховуємо кут нахилу барабана:

$$\alpha' = \left[30L_b / (D_b n \tau) + 0,007\omega_{\text{Д}} \right] (180/\pi), ^\circ \quad (4.92)$$

Для барабанних сушарок з підйимально-лопатевою насадкою коефіцієнт $a = 1,2$ [*]. Беремо розрахований кут нахилу барабана $\alpha' = 1,826^\circ$.

Розраховуємо частоту обертів барабана:

$$n = \frac{L_{\text{б}}}{\tau D_{\text{б}} \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha\pi}{180}\right)}, \text{ хв}^{-1} \quad (4.93)$$

Приймаємо стандартну частоту обертів барабана $n_{\text{ст}} = 4,5 \text{ хв}^{-1}$ [4].

Дійсна частота обертів (кутова швидкість) барабана не повинна відрізнятись від номінальної більш ніж на 10 %. Перевіряємо розбіжність

$$\Delta n = \left| \frac{n - n_{\text{ст}}}{n_{\text{ст}}} \right| \cdot 100 \% \quad (4.94)$$

Перевіряємо кут нахилу барабана α :

$$\alpha_1 = \left(\frac{L_{\text{б}}}{2D_{\text{б}} n_{\text{ст}} \tau} + 0,007\omega_{\text{Д}} \right) \frac{180}{\pi}, ^\circ \quad (4.95)$$

Кут нахилу барабана не повинен відрізнятись від попередньо прийнятого більш ніж на 10 %.

$$\Delta \alpha = \left| \frac{\alpha - \alpha_1}{\alpha_1} \right| \cdot 100 \%, ^\circ \quad (4.96)$$

Приймаємо коефіцієнт $\sigma = 0,053$, що залежить від ступеня заповнення барабана β . Розраховуємо потужність, що витрачається на обертання рухомих частин сушарки:

$$N = 0,0013 D_{\text{б}}^3 L_{\text{б}} \rho_{\text{м}} \sigma n_{\text{ст}}, \text{ кВт} \quad (4.97)$$

Таблиця з ідентифікаторами, блок-схема розрахунку, підстанова та обрахунок числових даних виконані в середовищі MathCad (див. додаток II).

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Висновок: приймаємо стандартну потужність приводу $N_{cm} = 15$ кВт та обираємо електродвигун типу МТН 312-6 з максимальною частотою обертів валу $n_{дв} = 1500$ об/хв.

4.2.7 Розрахунок калорифера

Мета: розрахувати та вибрати калорифер.

Розрахунок здійснюється за методикою наведеною в [32].

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.14.

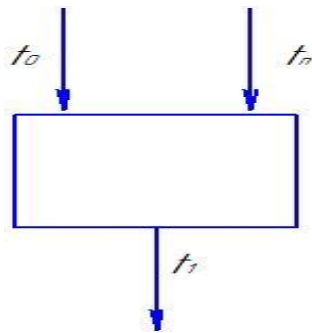


Рисунок 4.14 – Розрахункова схема калорифера

Початкові дані:

Витрата тепла на нагрів повітря, кВт (Q_k)	190,87.
Початкова температура повітря, °C (t_0)	20.
Кінцева температура повітря, °C (t_1)	290.
Температура пари, °C (t_n)	300.
Масова витрата повітря, кг/(м ² ·с) (ρ_w)	0,249.

Розрахунок поверхні нагріва калорифера.

Середня температура теплоносія:

$$t_T = \frac{t_1 - t_0}{2} = 135 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Коефіцієнт теплопередачі для пластинчатих калориферів:

$$K = 10(\rho_w)^{0,42} = 10 \cdot 0,249^{0,42} = 5,58 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{с)}.$$

Поверхня нагріву калорифера:

$$F = \frac{1,25Q_k}{K(t_{II} - t_T)} = \frac{1,25 \cdot 190,87 \cdot 10^3}{5,58(300 - 135)} = 198.23 \text{ м}^2.$$

Висновок: обрано два однакових калорифера КФБ-14 з загальною площею теплообміну 198.23 м².

4.2.8 Розрахунок циліндричної обичайки оболонки апарат на дію внутрішнього тиску

Метою розрахунку є знайти мінімальну розрахункову товщину стінки рубашки апарата яка задовольняє умові міцності при дії лише внутрішнього тиску та порівняти її з наявною товщиною стінки.

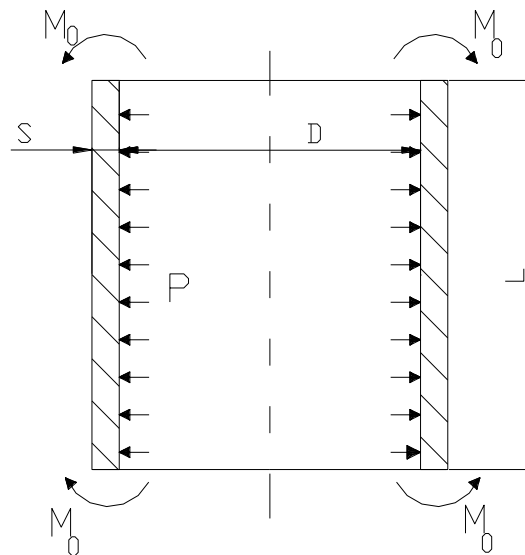


Рисунок 4.15 - Розрахункова схема апарата навантаженого внутрішнім тиском

Вихідні дані:

розрахунковий тиск P , МПа 1;
 межа плинності матеріалу обичайки σ_t , МПа 205;
 внутрішній діаметр обичайки D , м 1,2;

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

коефіцієнт міцності зварного шва φ_p	0,9;
допустиме напруження, МПа	178
коефіцієнт запасу міцності n_t	1,5.

Розрахунок циліндричної обичайки оболонки апарата на дію внутрішнього тиску ведемо за безмоментною теорією наведеною в літературі [5, 18].

Розрахункова товщина стінки з умові міцності:

$$S_p = \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - P} = \frac{1 \cdot 1,2}{2 \cdot 178 \cdot 0,9 - 1} = 13,442$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації ерозії приймаємо рівним $C_e = 0$, додаток до мінусового відхилення $C_2 = 0,8$ мм, технологічний додаток до розрахункової товщини $C_3 = 0$.

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому наближенні S' :

$$S' = S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 13,442 + 0,5 + 0,8 + 0 = 14,742 \text{ мм.}$$

Приймаємо $S = 16$ мм.

Перевірка умов застосування розрахункових формул

$$\frac{S + C}{D} = \frac{16 \cdot 10^{-3} + 1,3 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,00865 < 0,1$$

$$S \geq \frac{D}{1000} + 2,5 \cdot 10^{-3} = \frac{1,2}{1000} + 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,0117 \text{ м.}$$

$$16 \cdot 10^{-3} \text{ м} > 11,7 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Умови застосування розрахункових формул виконуються.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск $[p]$.

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 136,67 \cdot 1 \cdot (16 \cdot 10^{-3} - 1,3 \cdot 10^{-3})}{1,2 + 16 \cdot 10^{-3} - 1,3 \cdot 10^{-3}} = 3,309 \text{ МПа}$$

Перевірка умови міцності

$$p \leq [p] \quad 1 \text{ МПа} \leq 3,309 \text{ МПа}$$

Висновок: Згідно з розрахунками, товщина стінки обирається 16 мм, при якій виконується умова. Умова міцності виконується.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

4.2.9 Розрахунок фланцевого з'єднання

Мета: розрахувати фланцеве з'єднання, болтів фланцевого з'єднання та розрахунок їх на міцність.

Для розрахунку обираємо плоский приварний фланець з гладкою ущільнювальною поверхнею за ОСТ 26-426-79.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.16.

Розрахунок ведемо по методиці, приведений в [3].

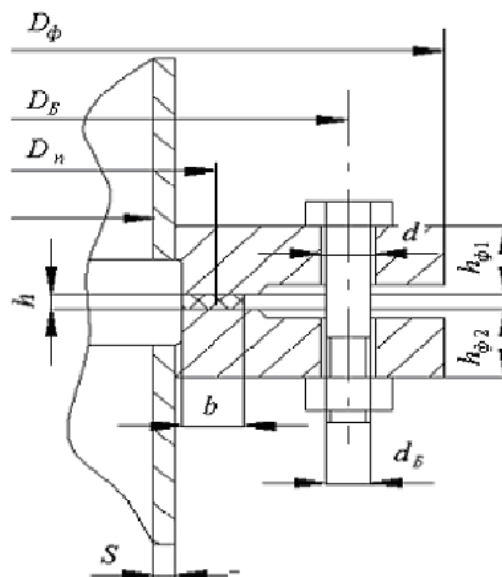


Рисунок 4.16 – Розрахункова схема фланцевого з'єднання

Дані для розрахунку

Внутрішній надлишковий тиск, МПа, p	0,1.
Діаметр штуцера, м, D	0,665.
Зовнішній діаметр прокладки, м, $D_{\text{п}}$	0,7.
Зовнішній діаметр фланця м, $D_{\text{ф}}$	0,760.
Діаметр болтового кола, м, $D_{\text{Б}}$	0,722.
Товщина фланця, м, $h_{\text{ф}1}$	0,050.
Товщина фланця, м, $h_{\text{ф}2}$	0,048.
Товщина стінки штуцера, м, S_0	0,0025.
Ширина прокладки, м, b	0,014.

Товщина прокладки, м, h	0,002.
Коефіцієнт, m	2,5.
Допустиме питоме навантаження зминання, МПа, $[q]$	130.
Мінімальний тиск, МПа, q	20.
Модуль пружності, МПа, E_{π}	2000.
Допустиме напруження матеріалу фланців (12X18H10T за ГОСТ 5632–72) при температурі 80°C, МПа, $[\sigma_{\phi 1}]^{20}, [\sigma_{\phi 2}]^{20}$	176.
Допустиме напруження матеріалу фланців (12X18H10T за ГОСТ 5632–72К) при температурі 415°C, МПа, $[\sigma_{\phi 1}]^t, [\sigma_{\phi 2}]^t$	136.
Модуль пружності матеріалу фланців (12X18H10T за ГОСТ 5632–72) при температурі 80°C, МПа, $E_{\phi 1}^{20}, E_{\phi 2}^{20}$	$2 \cdot 10^5$.
Модуль пружності матеріалу фланців (12X18H10T за ГОСТ 5632–72) при температурі 415°C, МПа, $E_{\phi 1}^t, E_{\phi 2}^t$	$1,7 \cdot 10^5$.
Коефіцієнт відносного лінійного розширення матеріалу фланців (12X18H10T) при температурі 80°C, $K^{-1}, \alpha_{\phi 1}^t, \alpha_{\phi 2}^t$	$12,4 \cdot 10^{-6}$.
Кількість болтів, Z_B	24.
Зовнішній діаметр різьби болтів, м, d_B	0,02.
Внутрішній діаметр різьби болтів, м, d_o	0,017.
Допустиме напруження матеріалу болтів (12X18H10T за ГОСТ 5632–72) при температурі 80°C, МПа, $[\sigma_B]^{20}$	176.
Допустиме напруження матеріалу болтів (12X18H10T за ГОСТ 5632–72) при температурі 415°C, МПа, $[\sigma_B]^t$	136.
Модуль пружності матеріалу болтів (12X18H10T за ГОСТ 5632–72) при температурі 80°C, МПа, E_B^t	$2 \cdot 10^5$.
Коефіцієнт відносного лінійного розширення матеріалу фланців (12X18H10T) при температурі 415°C, K^{-1}, α_6^t	$13,3 \cdot 10^{-6}$.
Додаток до розрахункових товщин, м, C	0,001.
Коефіцієнт міцності зварних швів, φ	1.
Коефіцієнт тертя, f_1	0,1.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

1) Розрахунок допоміжних величин

Відношення більшої товщини втулки до меншої приймаємо $\beta=1$.

Середній діаметр прокладки, м:

$$D_{\text{сп}} = D_{\text{п}} - b = 0,7 - 0,014 = 0,686, \text{ м.}$$

Ефективна ширина прокладки, м:

$$\text{при } b \leq 0,015 \text{ м } b_{\text{Е}} = 0,5 \cdot b = 0,5 \cdot 0,014 = 0,007, \text{ м.}$$

Конструктивний коефіцієнт для фланців:

$$K_{\phi} = \frac{D_{\phi}}{D} = \frac{0,76}{0,665} = 1,143.$$

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{0,05}{\sqrt{0,665 \cdot 0,0025}} = 1,226,$$

$$\lambda_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{0,048}{\sqrt{0,665 \cdot 0,0025}} = 1,177.$$

Поправковий коефіцієнт для фланців:

$$\psi_{1\phi} = 1,28 \cdot \lg(K_{\phi}) = 1,28 \cdot \lg(1,143) = 0,074,$$

$$\psi_{2\phi} = \frac{K_{\phi} + 1}{K_{\phi} - 1} = \frac{1,143 + 1}{1,143 - 1} = 15.$$

Поправковий коефіцієнт для перерізу S_0 приймаємо $\psi_3 = 1$.

Геометричні параметри фланців:

$$j_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{S_0} = \frac{0,05}{0,0025} = 20,$$

$$j_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{S_0} = \frac{0,048}{0,0025} = 19,2.$$

Безрозмірний параметр фланців:

$$T_{\phi} = \frac{K_{\phi}^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg(K_{\phi})) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K_{\phi}^2) \cdot (K_{\phi} - 1)} = \frac{1,143^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg(1,143)) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,143^2) \cdot (1,143 - 1)} = 1,859.$$

Безрозмірні параметри фланців:

$$\omega_{\phi 1} = [1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1} \cdot (1 + \psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 1}^2)]^{-1} = [1 + 0,9 \cdot 1,226 \cdot (1 + 0,074 \cdot 20^2)]^{-1} = 0,029,$$

$$\omega_{\phi 2} = [1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2} \cdot (1 + \psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 2}^2)]^{-1} = [1 + 0,9 \cdot 1,177 \cdot (1 + 0,074 \cdot 19,2^2)]^{-1} = 0,032.$$

Кутова піддатливість фланців, $1/(\text{Мн} \cdot \text{м})$:

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

$$y_{\phi 1} = \frac{[1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 1}^3 \cdot E_{\phi 1}^t} = \frac{[1 - 0,029 \cdot (1 + 0,9 \cdot 1,226)] \cdot 15}{0,05^3 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,513,$$

$$y_{\phi 2} = \frac{[1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2})] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 2}^3 \cdot E_{\phi 2}^t} = \frac{[1 - 0,029 \cdot (1 + 0,9 \cdot 1,177)] \cdot 15}{0,048^3 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,576.$$

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання, м:

$$L_B = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + h + 0,28 \cdot d_B = 0,05 + 0,048 + 0,002 + 0,28 \cdot 0,02 = 0,106, \text{ м.}$$

Лінійна піддатливість неметалевої прокладки:, м/МН:

$$y_{\Pi} = \frac{h}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b \cdot E_{\Pi}} = \frac{0,002}{3,14 \cdot 0,686 \cdot 0,014 \cdot 2000} = 3,314 \cdot 10^{-5}, \text{ м/МН.}$$

Площа поперечного перерізу болта, м²:

$$f_B = 0,785 \cdot d_o^2 = 0,785 \cdot 0,017^2 = 2,269 \cdot 10^{-4}, \text{ м.}$$

Лінійна піддатливість болтів, м/МН:

$$y_B = \frac{L_B}{E_B^t \cdot f_B \cdot Z_B} = \frac{0,106}{2 \cdot 10^5 \cdot 2,269 \cdot 10^{-4} \cdot 24} = 8,816 \cdot 10^{-5}, \text{ м/МН.}$$

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання, МН/м:

$$A_{\phi} = [y_{\Pi} + y_B + 0,25 \cdot (y_{\phi 1} + y_{\phi 2}) \cdot (D_B - D_{\text{сп}})]^{-1} = [3,314 \cdot 10^{-5} + 8,816 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (0,513 + 0,576) \cdot (0,722 - 0,686)]^{-1} = 100,858, \text{ МН/м.}$$

Параметри жорсткості фланців, 1/МН:

$$B_{\phi 1} = y_{\phi 1} \cdot (D_B - D - S_o) = 0,513 \cdot (0,722 - 0,665 - 0,0025) = 0,028, \text{ МН/м.}$$

$$B_{\phi 2} = y_{\phi 2} \cdot (D_B - D - S_o) = 0,576 \cdot (0,722 - 0,665 - 0,0025) = 0,031, \text{ МН/м.}$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_{\phi} \cdot y_B = 100,858 \cdot 8,816 \cdot 10^{-5} = 0,0089.$$

Безрозмірний коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_{\phi} = A_{\phi} \cdot [y_B + 0,25 \cdot (B_{\phi 1} + B_{\phi 2}) \cdot (D_B - D_{\text{сп}})] = 100,858 \cdot [8,816 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (0,028 + 0,031) \cdot (0,722 - 0,686)] = 0,063.$$

2) Розрахунок болтів фланцевого з'єднання

Рівнодіюча внутрішнього тиску, МН:

$$Q_d = 0,785 \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot p = 0,785 \cdot 0,686^2 \cdot 0,1 = 0,041, \text{ МН.}$$

Реакція прокладки у робочих умовах, МН:

$$R_{\Pi} = 2 \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_E \cdot t \cdot p = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,686 \cdot 0,007 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,0083, \text{ МН.}$$

Зусилля, що виникає від температурної деформації фланцевого з'єднання,

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

МН:

$$\gamma \cdot Z_B \cdot E_B^t \cdot (\alpha_\phi^t \cdot t_\phi - \alpha_B^t \cdot t_B) = 0,0089 \cdot 24 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (12,4 \cdot 10^{-6} \cdot 415 - 13,3 \cdot 10^{-6} \cdot 415) = -2,214 \cdot 10^{-3} < 0, \text{ тому } Q_{t\phi} = 0, \text{ МН.}$$

Монтажне болтове навантаження фланцевого з'єднання за різних умов розрахунку:

$$P'_{B1} = \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_E \cdot q = 3,14 \cdot 0,686 \cdot 0,007 \cdot 20 = 0,302,$$

$$P''_{B1} = \alpha_\phi \cdot (Q_d + P) + 0,0051 = 0,063 \cdot (0,041 + 0,09) + 0,0051 = 0,016,$$

$$P'''_{B1} = 0,4 \cdot [\sigma_B]^{20} \cdot Z_B \cdot f_B = 0,4 \cdot 176 \cdot 24 \cdot 2,269 \cdot 10^{-4} = 0,383.$$

Розрахункове навантаження на болти, МН:

$$p \leq 0,6 \text{ МПа, тому } P_{B1} = \max\{P'_{B1}; P''_{B1}; P'''_{B1}\} = \{0,302; 0,016; 0,383\} = 0,383.$$

Умова міцності прокладки:

$$\frac{P_{B1}}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b} = \frac{0,383}{3,14 \cdot 0,686 \cdot 0,014} = 12,704 \text{ МПа} \leq [q] = 130 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

Болтове навантаження за робочих умов, МН:

$$P_{B2} = P_{B1} + (1 - \alpha_\phi) \cdot (Q_d + P) + Q_{t\phi} = 0,383 + (1 - 0,063) \cdot (0,041 + 0,09) + 0 = 0,506, \text{ МН.}$$

Розрахункове навантаження на болти, МН:

$$P_{B\phi} = \max\{P_{B1}; P_{B2}\} = \{0,383; 0,506\} = 0,506, \text{ МН.}$$

Напруження в болтах за умов монтажу, МПа:

$$\sigma_B^{20} = \frac{P_{B1}}{Z_B \cdot f_B} = \frac{0,383}{24 \cdot 2,269 \cdot 10^{-4}} = 70,4, \text{ МПа.}$$

Напруження розтягування в болтах за робочих умов, МПа:

$$\sigma_B^t = \frac{P_{B2}}{Z_B \cdot f_B} = \frac{0,506}{24 \cdot 2,269 \cdot 10^{-4}} = 92,888, \text{ МПа.}$$

Скручуючий момент, що виникає від розтягування гайок, МН·м:

$$M_{\text{скр}} = f_1 \cdot \frac{P_{B\phi}}{Z_B} \cdot d_B = 0,1 \cdot \frac{0,506}{24} \cdot 0,02 = 4,215 \cdot 10^{-5}, \text{ МН·м.}$$

Дотичне напруження в болтах, МПа:

$$\tau_B = \frac{M_{\text{скр}}}{0,2 \cdot d_o^3} = \frac{4,215 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,017^3} = 42,892, \text{ МПа.}$$

Еквівалентні напруження в болтах, МПа:

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

$$\sigma_B^{20} = \sqrt{(\sigma_B^{20})^2 + 3 \cdot \tau_B^2} = \sqrt{70,4^2 + 3 \cdot 42,892^2} = 102,35 \text{ , МПа.}$$

$$\sigma_B^t = \sqrt{(\sigma_B^t)^2 + 3 \cdot \tau_B^2} = \sqrt{92,888^2 + 3 \cdot 42,892^2} = 118,943 \text{ , МПа.}$$

Умови міцності болтів:

$$\sigma_B^{20} = 102,35 \text{ МПа} \leq [\sigma_B]^{20} = 176 \text{ МПа} ;$$

$$\sigma_B^t = 118,943 \text{ МПа} \leq [\sigma_B]^t = 136 \text{ МПа.}$$

Умови міцності виконуються.

3) Розрахунок фланців на міцність

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланців за умов монтажу, МН·м:

$$M_{01\phi} = 0,5 \cdot P_{B1} \cdot (D_B - D_{сп}) = 0,5 \cdot 0,383 \cdot (0,722 - 0,686) = 0,0069 \text{ , МН·м.}$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за робочих умов, МН·м:

$$M_{02\phi} = 0,5 \cdot [P_{B2} \cdot (D_B - D_{сп}) + Q_d \cdot (D_{сп} - D - S_o)] \cdot \frac{[\sigma_\phi]^{20}}{[\sigma_\phi]^t} = 0,5 \cdot [0,506 \cdot (0,722 - 0,686) + 0,041 \cdot (0,686 - 0,665 - 0,0025)] \cdot \frac{176}{136} = 0,012 \text{ , МН·м.}$$

Розрахунковий згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця, МН·м:

$$M_{0\phi} = \max\{M_{01\phi}; M_{02\phi}\} = \{0,0069; 0,012\} = 0,012 \text{ , МН·м.}$$

Максимальні напруження в перерізі S_o фланців від дії вигинаючого моменту $M_{0\phi}$, МПа:

$$\sigma_{0\phi 1} = \psi_3 \cdot \frac{T_\phi \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 1}}{D^* \cdot (S_o - C)^2} = 1 \cdot \frac{1,859 \cdot 0,012 \cdot 0,029}{0,665 \cdot (0,0025 - 0,001)} = 437,165 \text{ , МПа.}$$

$$\sigma_{0\phi 2} = \psi_3 \cdot \frac{T_\phi \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 2}}{D^* \cdot (S_o - C)^2} = 1 \cdot \frac{1,859 \cdot 0,012 \cdot 0,032}{0,665 \cdot (0,0025 - 0,001)} = 490,963 \text{ , МПа.}$$

де $D^* = D = 0,665 \text{ м}$, якщо $D = 0,665 \geq 20 \cdot S_o = 20 \cdot 0,0025 = 0,05$.

Максимальні кільцеві напруження в дисках фланців від дії згинаючого моменту $M_{0\phi}$, МПа:

$$\sigma_{к\phi 1} = \frac{M_{0\phi} \cdot [1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 1}^2} = \frac{0,012 \cdot [1 - 0,029 \cdot (1 + 0,9 \cdot 1,226)] \cdot 15}{0,665 \cdot 0,05^2} = 104,007 \text{ , МПа.}$$

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$\sigma_{\kappa\phi 2} = \frac{M_{0\phi} \cdot [1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 2}^2} = \frac{0,012 \cdot [1 - 0,032 \cdot (1 + 0,9 \cdot 1,177)] \cdot 15}{0,665 \cdot 0,048^2} = 112,134 \text{ , МПа.}$$

Кільцеве та меридіанне напруження у циліндричній втулці фланця від дії внутрішнього тиску p :

$$\sigma_{x\phi 1} = \sigma_{x\phi 2} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (S_o - C)} = \frac{0,1 \cdot 0,665}{2 \cdot (0,0025 - 0,001)} = 24,383 \text{ ,}$$

$$\sigma_{y\phi 1} = \sigma_{y\phi 2} = \frac{p \cdot D}{4 \cdot (S_o - C)} = \frac{0,1 \cdot 0,665}{4 \cdot (0,0025 - 0,001)} = 12,192.$$

Еквівалентні напруження в перерізі циліндричної втулки фланців, МПа:

$$\sigma_{E\phi 1} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1})^2 + \sigma_{x\phi 1}^2 - (\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1}) \cdot \sigma_{x\phi 1}} =$$

$$\sqrt{(437,165 + 12,192)^2 + 24,38^2 - (437,165 + 12,192) \cdot 24,38} = 437,674 \text{ , МПа,}$$

$$\sigma_{E\phi 2} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2})^2 + \sigma_{x\phi 2}^2 - (\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2}) \cdot \sigma_{x\phi 2}} =$$

$$\sqrt{(490,963 + 12,192)^2 + 24,38^2 - (490,963 + 12,192) \cdot 24,38} = 491,417 \text{ , МПа.}$$

Умова міцності:

$$[\sigma_{\phi 1}^{S_o}] = [\sigma_{\phi 2}^{S_o}] = 0,003 \cdot E_{\phi 1}^t = 0,003 \cdot E_{\phi 2}^t = 0,003 \cdot 1,7 \cdot 10^5 = 510 \text{ , МПа.}$$

$$\sigma_{E\phi 1} = 437,674 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\phi 1}^{S_o}] \cdot \varphi = 1 \cdot 510 = 510 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{E\phi 2} = 491,417 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\phi 2}^{S_o}] \cdot \varphi = 1 \cdot 510 = 510 \text{ МПа.}$$

Умови міцності виконуються

Умови герметичності:

При $D = 0,665 \leq 2\text{м}$ $[\theta] = 0,009$ рад

$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 1} \cdot D}{E_{\phi 1}^t \cdot h_{\phi 1}} = \frac{104,007 \cdot 0,665}{1,7 \cdot 10^5 \cdot 0,05} = 6,228 \cdot 10^{-3} < [\theta] = 0,009$$

$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 2} \cdot D}{E_{\phi 2}^t \cdot h_{\phi 2}} = \frac{112,134 \cdot 0,665}{1,7 \cdot 10^5 \cdot 0,048} = 7,062 \cdot 10^{-3} < [\theta] = 0,009$$

Умови герметичності виконуються.

Висновок: обраний плоский приварний фланець з гладкою ущільнювальною поверхнею за ОСТ 26-426-79 діаметром $D_{\phi} = 0,76$ м та висотою $h_{\phi} = 0,05$ м задовольняє умовам використання барабанної сушарки.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Згідно Закону України про охорону праці під час роботи лінії виробництва коксу необхідно розробити безпечні умови праці персоналу.

Сучасний розвиток науки та техніки приносить принципові нововведення у всі сфери матеріального виробництва, суттєво міняються усі технологічні процеси та матеріали, що використовуються, знаряддя праці та апарати. Тому при розробці нової техніки, технологічних процесів, організації виробництва необхідно провести науковий аналіз можливих небезпечних та шкідливих виробничих факторів та розробити заходи і засоби, спрямовані на мінімізацію їх несприятливого впливу на працюючу людину [19].

Тема магістерської дисертації – “Модернізація установки виробництва коксу з розробкою барабанної сушарки та центрифуги”. У магістерській дисертації розробляється технологічна схема виробництва коксу. Обслуговуючий персонал – оператор, робоче місце якого знаходиться в тому ж приміщенні що й обладнання. Лінія виробництва коксу розміщена в приміщенні довжиною 30м, шириною 10м, висотою 6м (1800 м³). На його робочому місці наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- повітря робочої зони;
- безпека ураження електричним струмом;
- виробниче освітлення;
- виробничий шум, вібрації;
- пожежна безпека;
- надзвичайні ситуації;

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на робочому місці операторів.

Повітря робочої зони

Виходячи з прийнятої технологічної схеми маємо приміщення без

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

надлишкового тепловиділення, тобто $Q < 20$ (ккал/год м^3) або $Q < 23,27$ (Дж/с м^3). Робота операторів відноситься до важкої фізичної роботи через те, що установка розташована в умовах шуму та пилу. Енерговитрати не повинні перевищувати 293 Дж/с. Наслідками цього є те, що персонал буде відпочивати в закритому приміщенні.

Параметри повітря робочої зони представлені в таблиці 5.1, в якій вказані також оптимальні умови.

Таблиця 5.1 – Фактичні параметри повітря робочої зони

Сезон року	Категорія робіт	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний період року	Легка II	18-20	45-70	0,25
Теплий період року	Легка II	20-25	35-65	0,25

Заходи по забезпеченню параметрів повітря робочої зони у теплий період часу:

- Герметизація технологічного устаткування;
- Теплоізоляція устаткування, температура зовнішніх стінок якого перевищує 333 К, з розрахунку температура навколишнього повітря 279 К;
- Вентиляція приміщення.

Заходи по забезпеченню параметрів повітря робочої зони у холодний період часу:

- Водяне опалення з температурою теплоносія 70-100 $^{\circ}\text{C}$;
- Теплоізоляція устаткування.

При проектуванні вентиляцій загального обміну, яка зроблена для відведення з приміщення надлишкового тепла, великої кількості вологи та другорядних виділень необхідно приймати параметри з розрахунків згідно з СНиП2.04.05-86.

Для місцевої вентиляції обрано вентилятор МЦ-5 (продуктивність $L_{\min}=600\text{м}^3/\text{год}$), кількість обертів $n=1410\text{ об/хв}$; загально-обмінна вентиляція забезпечується вентилятором МЦ-6, $n=1410\text{ об/хв}$ (продуктивність $L_{\min}=800\text{м}^3/\text{год}$), кратність повітрообміну $k=3$.

Розрахунок механічної вентиляції включає визначення найбільш раціонального способу вилучення або попередження утворення токсичних, пожежо- чи вибухонебезпечних концентрацій пароповітряних сумішей (загальнообмінні або місцеві вентиляційні установки і системи); визначення необхідної кількості повітря для обмінної вентиляції, виходячи із відомої кратності повітрообміну в приміщенні, кількості шкідливих речовин, які вилучаються з приміщення, або надлишкового тепла [19].

Крім того, згідно з розрахунками, було виявлено, що ГДК коксу, що вилучається дорівнює $5\text{ мг}^2/\text{м}^3$. Параметри повітря робочої зони і фактичні концентрації відповідають ДСН 3.3.6.042-99.

Небезпека враження електричним струмом

Приміщення хімічної промисловості, за класифікацією ПУЕ (правила установки електрообладнання) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом.

Для живлення елементів установки використовується трифазна напруга 220/380 В з частотою 50 Гц, (з ізолюваною нейтраллю).

Причини ураження обслуговуючого персоналу можуть бути такими:

- помилкове включення установки;
- замикання на корпусі;
- випадки дотику людей до відкритих струмопровідних частин установки;
- старіння ізоляції і втрата нею ізоляційних властивостей;

Заходи та засоби від враження електричним струмом:

- Всі провідники електричного струму ізолювані.
- Електроустановки заземлені згідно ГОСТ 12.1.030-81.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

- Рубильники включення установки знаходяться у спеціальній шафі;
- Передбачити спеціальне захисне відключення електродвигунів у випадку улучення людини напругою;
- Провода проводити в захисних металевих рукавах;
- На панель керування вивести сигнальні лампи індикації включення електроустаткування;
- Вузли установки, що можуть виявитися під напругою, мають зажими для підключення заземлення;
- Біля затисків заземлення нанести незмивні червоні знаки "Земля";
- Електрична міцність ізоляції перевіряється на випробувальну напругу 200 В частотою 50 Гц протягом 1 хвилини;
- Опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 МОм;
- Електрична апаратура, яка встановлена всередині приміщень, має ступінь захисту;
- Ізоляція провідників вимірюється мегаомметром 11044;
- Напруга вимірюється вольтметром 351512. Ступінь захисту електричної апаратури в середині приміщень контролюється за ГОСТ 14254-80.

Принцип захисту захисного заземлення у випадку мережі з ізолюованою нейтраллю на рисунку 5.2

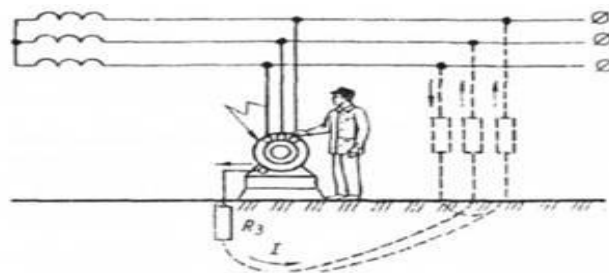


Рисунок 5.2 - Замикання на приладі, підключеного до мережі з ізолюованою нейтраллю

Заземлення установки виконано відповідно ГОСТ 12.1.030–81. Біля затисків заземлення нанесені незмивні червоні знаки “Земля” за ГОСТ 21.1.030–75.

При замиканні на корпус:

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{Z_0 + Z}, A$$

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

де, z_0 – опір нульового провідника, він повинен бути $z_0 \leq 50\% z$

z – опір других проводів, який дорівнює 0,1 – 0,2 Ом, приймаємо 0,2 Ом.

Щоб спрацювало заземлення необхідно щоб $I_{кз} \geq 3 \cdot I_{ном}$, приймаємо $I_{ном} = 100$ А, або спрацює захист МТЗ при $I_{кз} = 1,25 - 1,4 \cdot I_{ном}$, в залежності від виду МТЗ.

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{z_0 + z} = \frac{220}{0,4 + 0,2} = 367 \text{ А.}$$

Сила струму відповідає ГОСТ 12.1.030-89.

В аварійному режимі приміняється захисне заземлення із загальним опором заземлюючої системи $R_{зз} \leq 3,8$ Ом, що відповідає ГОСТ 12.1.030-82.

Виробниче освітлення

У приміщеннях, де розташовано виробництво, під час робіт 1-4 розрядів використовується, як правило, комбінована система, освітлення, оскільки досягнення необхідної освітленості при загальній системі освітлення вимагає значних витрат електричної енергії і є недоцільним. Нормативна освітленість $E_n = 300$ лк.

Встановлені світильники з лампами ДЛР-400, згідно з ДБН В.2.5-28.2006, світловим потоком $\Phi=19000$ лм (для даного приміщення три ряди). Загальна кількість ламп в приміщенні 48.

Фактична освітленість $E_{\phi} = 320$ лк, що відповідає ДБН В.2.5-28-2006.

Виробничий шум, вібрації

Причиною появи шуму є барабана сушарка, що обертається, двигун, а також вентилятори. Рівень джерел шуму $L=95$ дБА.

В наш час йде експлуатація більшості апаратів та машин, які справляють велику вібрацію та шум, котра дуже негативно впливає на здоров'я людини, і дуже часто приводить до загибелі людини.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Шум може тимчасово покращити або на постійній основі погіршити психічні процеси організму людини. Багато наслідків можуть з'являтися у формі порушення функцій слуху та інших аналізаторів, зокрема рухомого апарату, функції координування кори головного мозку, нервової системи, травна система і кровообігу.

Колективні заходи для захисту від шуму:

- Використання звукопоглинальних плит «Вініпор», напівжорсткі, товщиною 50 мм з повітряним прошарком 150 мм;
- Загальна площа облицювання складає 560 м².

Індивідуальні заходи для захисту від шуму:

- Прийнято протишумові навушники ПШН-Б (ГОСТ 12.4.051.87), виробництва КП «Київський виробничий комбінат ТСО України». Використовуються для захисту слуху від дії середньо- та високочастотного шуму з рівнем до 115 дБА.

Фактичні рівні шуму відповідають $L=105$ дБА, згідно ДСН №3.3.6.037-99.

Причиною появи вібрації вентилятори та насоси. Рівень вібрації в джерелі $L_{\text{віб}}=80$ дБА.

Колективні заходи для захисту від вібрацій:

- обладнання лінії встановлено на фундаменти, маса яких набагато перевищує масу встановленого обладнання;
- використання прокладок з гуми, які виконують роль амортизаторів;
- розроблення інноваційних (допоміжних) ребер жорсткості.

Індивідуальні заходи для захисту від вібрацій:

- Щоб захиститись від впливу вібрації передбачене гумове взуття з товстою підошвою, відповідно до ГОСТ 12.4.002-74.
- Рівень шуму і вібрації контролюється приладом ВШВ-003 і шумо-віброзамирним комплексом ШВК-1.

Фактичний рівень технологічної вібрації у приміщенні не перевищує 90 дБА при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.36.039 – 99.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Пожежна безпека

У процесі виробництва коксу йде використання таких матеріалів: метан, водень, аргон, азот, природні гази і різні вуглеводні.

Так як матеріал буде в малих кількостях, то утворення вибухонебезпечних сумішей виключено, тому будуть розроблятися заходи по уникненню пожежонебезпечних ситуацій.

Дивлячись на матеріали, які використовуються, визначаємо, що з точки зору пожежонебезпеки, то виробництво віднесено до категорії В, клас зони – П-І.

Так як у схемі виробництва апарати з високим тиском, то необхідно здійснювати контроль за перепадами тиску в апаратах, які виконують різні датчики.

Водень для газової обробки використовують в основному при паянні свинцю та зварюванні, а також при виконанні різання киснем, де вкрай необхідна подача газового палива в різак під високим тиском. Не рідко газ є одним з компонентів суміші горючих газів. Теплові характеристики суміші будуть дуже низькими, якщо концентрація водню в ній буде великою.

Аргон і водень мають поганий вплив на здоров'я людей, парціальний тиск падає при атмосферному тиску. Аргон може викликати опік 2-гу ступіня і подразнення усієї шкіри.

Метан у суміші з повітрям та киснем має широкі концентраційні границі вибуху. Шляхом глибокого охолодження метан отримують з природнього газу. Запалювання метану відбувається при температурі 340°C. Для повного згорання 1 м³ метану необхідно 2 м³ кисню. Метан дуже токсичний, і может викликати у людини головний біль, блювоту, зниження тиску, біль і втрату свідомості.

Причини, що викликають загоряння, найбільш ймовірні такі:

- несправне електростаткування;
- коротке замикання і навантаження кабелів живлення;
- загорання ізоляційної електропроводки;
- розпал вогню у неналежному місці.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Забезпечення мірами для запобігання запалень:

- дотриманням технологічних норм і експлуатаційних правил;
- обмежити використання відкритого вогню;
- палити у відведених для цього місцях;
- своєчасним проведенням інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;
- організацією агітації по протипожежній безпеці;
- наявність засобів сигналізацій, які будуть мати оперативний зв'язок з спеціальними службами
- засоби пожежогасіння поруч із центром розпалювання.

В разі виникнення пожежі встановлені датчики-сповіщувачі, які спрацьовують при підвищенні температури до 89 °С.

Щоб погасити невеликі ділянки пожежи при виключеному та включеному (до 1000В) електроустаткуванні застосовують вогнегасники ОУ-5 (2 шт.) та порошкові ОП-9 (2 шт.). Як стаціонарні засоби пожежогасіння встановлені самоспрацьовуючі вогнегасники САМ-9 (25 ШТ).

В приміщенні, де знаходиться установка, на відстані 35 м. від установки встановлені гідранти з рукавами довжиною до 12 метрів. Відстань до пожежного виходу не більше 40 метрів.

На виробництві створено спеціалізовану пожежну систему оповіщення, яка миттєво передає сигнал на найближчий відділ пожежно-рятувальної служби, а кваліфікація робочого персоналу дозволяє оперативно використати підручні засоби для гасіння пожежі. У разі реєстрації на території виробництва перевищення загальної нижньої концентраційної межі вибуху (дорівнює 20%) відбувається автоматичне ввімкнення вентиляційних систем.

Згідно з ГОСТ 12.1.004-91, об'єкт забезпечується такими СПБ, як: попередження вибухів і пожеж; протипожежного та противибухового захисту; організаційно-технічних заходів.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Надзвичайні ситуації

Основною надзвичайною ситуацією, яка може виникнути, це небезпека вибуху при недбалому зберіганні чи використанні балонів із стисненими, зрідженими або розчиненими газами (пропан, аргон тощо). Дані балони використовуються при монтажних роботах, тому вони є невід'ємною частиною виробництва.

Основні причини виникнення:

- Утримання у несправному стані та створення небезпечних умов їх експлуатації;

- Зберігання в недозволенному місті;

- Спільне зберігання різних газів, а також зберігання газів з іншими рідинами;

Безпека під час зберігання:

- Для зберігання балонів застосовуються спеціально обладнані сухі приміщення висотою не менше 3,2 м;

- Стіни, перекриття та перегородки повинні бути виконані з негорючих матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості. Вікна та двері приміщення повинні відкриватися назовні. Приміщення повинно бути розділене негорючими стінами на відсіки.

- Освітлювальні прилади складів для балонів з горючими газами повинні відповідати нормам, існуючим для вибухонебезпечних приміщень.

- Спільне зберігання різних газів, а також зберігання газів з іншими рідинами не допускається.

Вимоги безпеки при виявленні витікання газу, наявності тріщин на балонах, несправності вентиля і в інших аварійних випадках:

- При виявленні аварійних випадках необхідно вжити заходів щодо недопущення сторонніх осіб в небезпечну зону.

- Необхідно доповісти керівнику робіт (який є відповідальним за безпечну експлуатацію балонів) про те, що трапилося і діяти за його розпорядженням.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

– У разі наявності потерпілих надати їм домедичну допомогу, викликати швидку допомогу.

Висновок: об'єкт опиниться за межами цих зон, тобто у зоні повітряної ударної хвилі (зона ІІІ).

$$\Delta P_{\phi} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{L}{Q^3} - 1}} = 28,21 \text{ кПа}$$

Пожежна безпека, яка очікується – виробництва категорії пожежної небезпеки В, ступеня вогнестійкості –І, при надмірному тиску 28 кПа і щільності забудови більше 25% можна очікувати в перші 30 хвилин окремі пожежі з переростанням за 1...2 год в суцільну.

Безпечна кількість вибухової речовини - менше 50 т

Безпечна кількість пропану для уникнення вибуху і пожежі менше 15 т

Зони вибуху зображені на рисунку 5.3.

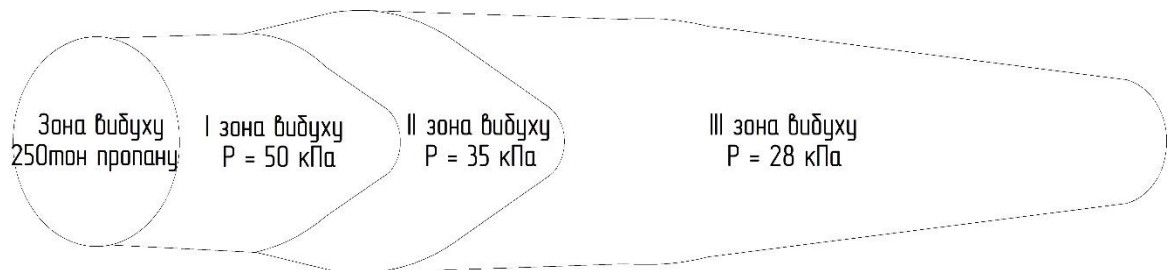


Рисунок 5.3 - Зони вибуху

Висновки: На відстані 750 м від цеху стався вибух пропану, що призвело до руйнувань будівлі, елементів цеху, постраждали люди.

Серед рекомендацій, спрямованих на зменшення заподіяної шкоди та уражень людей, можуть бути такі:

- установити і регулярно контролювати стан вогнегасників та інших протипожежних систем;
- порушити питання перед відповідними органами про зменшення запасу вибухонебезпечної речовини до безпечної кількості.

Схема евакуації з приміщення

У випадку будь-якої небезпеки створено 2 еваковихходи з приміщення, схема евакуації при надзвичайній ситуації зображена на рисунку 4.4.

При цьому відстань від робочого місця до дверей $A=1,5$ м, відстань від робочого кабінету до еваковихходу №1 $B=24,5$ м, до еваковихходу №2 $B= 2$ м.

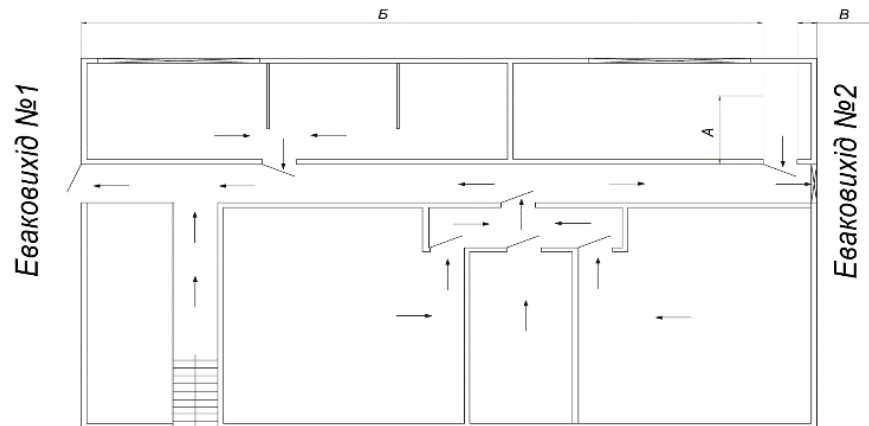


Рисунок 5.4 - Схема евакуації з приміщення

Схема евакуації під час пожежи чи інших випадків задовольняє умови, згідно з СНиП 2.09.02-85, що підтверджується схемою, яка надана вище.

6. Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів

При монтажі потрібно користуватися інструкцією наведеною в методиці [20].

1. Перевірити розміри фундаменту в плані по висоті, нахилу, на їх відповідність робочим кресленням фундаменту, наявність реперних планок по поздовжнім та поперечним його осям для можливості правильного встановлення станції.

2. Розміри повинні відповідати розмірам фундаментних болтів по кресленню та фактичних розмірів заглиблень під фундаментні болти.

3. Провернути гайки по різьбі болтів, при цьому вони повинні бути змащені машинним маслом і легко провертатись від руки.

4. На майданчику підготовки обладнання на дерев'яні бруси встановити повністю складені опорно-упорні та опорні станції, перевірити їх стан, видалити бруд та корозію, зняти залишки фарби з нижніх опорних поверхонь.

5. Задирки та механічні пошкодження, що не призводить до порушень працездатності станцій, зачистити терпугом.

6. Встановити опорну та опорно-упорну секцію на фундамент.

7. Після встановлення станції на фундамент необхідно перейти до їх вивірки одночасно за нахилом, висотою та в горизонтальному положенні.

8. Перевірити відстань між опорними роликами у обох станцій. Перевірку виконати біля обох торців кожної пари роликів. Перевірити міжцентрову відстань в опорних роликах. Перевірку цього розміру здійснити з обох сторін станції.

9. Відкоригувати установку опорної станції так, щоб відстань між серединами роликів і опорної, і опорно-упорної станції були рівні відстані між серединами бандажів корпуса апарата складеного з видовженням корпуса від температурного розширення.

10. Створити необхідний нахил опорної та упорно-опорної станціям в напрямку поздовжньої осі апарата регулюючим гвинтом за клинним з проектним

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

нахилом однієї з площин, що встановлюються вздовж верхніх твірних на обох роликах кожної станції, із наступним встановленням на верхню площину клинів рівня. Ролики обох станцій повинні знаходитись в одній площині й мають бути встановлені паралельно одна одній. Необхідний нахил станцій, а отже, опорних роликів буде забезпечено при горизонтальному розташуванні клина, на якому розташовують рівень.

11. По завершенні установки й вивірки опорних станцій виконати заливку фундаментних болтів бетонною сумішшю. Рівень бетону не повинен доходити до поверхні фундаменту на 30–40 мм.

12. Після затвердіння бетону всі гайки фундаментних болтів затягнути і знову перевірити встановлення опорних станцій за нахилом, за висотою та в горизонтальному положенні.

13. Після підливки фундаментів плит опорних станцій і затвердіння бетону зняти опалубку, а поверхню фундаменту й опорної станції очистити від решток розчину та бруду

14. Установка корпусу на ролики опорної та опорно-упорної станції.

15. Встановлення привода на фундамент.

16. Встановлення на фундамент завантажувальних та розвантажувальних камер та інших складальних одиниць.

17. Встановлення ущільнюючих пристроїв.

18. Підключення технологічних трубопроводів, комунікацій, електропроводки, заземлення та ін.

19. Встановлення огороження та ін. запобіжних засобів.

20. Перевірка роботи апарата на холостому ході.

Експлуатація:

1. Апарати мають забезпечувати стабільність технологічного процесу, безпечність і надійність при експлуатації й відповідати вимогам виробничої санітарії та гігієни.

2. Види небезпеки при експлуатації апарата:

- електричний струм;

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

- виділення теплоти;
 - потрапляння дрібних частинок матеріалу в повітря;
 - механічний рух;
 - розміщення обладнання на різних висотних рівнях.
3. Джерела небезпеки при експлуатації апарата:
- електрообладнання (електродвигуни приводу то ін.);
 - нагріті складальні одиниці (барабани апаратів, завантажувальні та розвантажувальні камери);
 - складальні одиниці, що обертаються;
 - обслуговуючі майданчики та сходи.
4. Виробничі приміщення де працює апарат необхідно оснастити вентиляцією, природнім та штучним світлом.
5. Електрообладнання апаратів виконують відповідно до вимог технічної експлуатації електрообладнання і правил технічної безпеки при експлуатації електрообладнання.
6. Основні вимоги та необхідні заходи для забезпечення безпечної роботи:
- дотримання інструкції з техніки безпеки, з проведення монтажних та ремонтних робіт та з обслуговування апарата;
 - дотримання графіків планово-профілактичних ремонтів;
 - дотримання технологічного режиму виробництва.
7. Частини апарата, температура стінок яких перевищує 45 °С, необхідно теплоізолювати або відгородити з метою запобігання опіків у працівників. За роботою ущільнюючих пристроїв, розвантажувальної та завантажувальної камерами необхідно вести постійний контроль.
8. Складальні одиниці апарата, що рухаються: підвінцеві шестерні, опорні ролики (крім барабана) необхідно закрити суцільним кожухом [20].
- Під час ремонту апарата електропривід необхідно вимикати. На період ремонтних робіт на пульті управління та приводі необхідно розмістити плакати з попереджувальними написами.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

7. Рівень стандартизації та уніфікації

Стандарти використовують для поліпшення якості продукції, підвищення рівня уніфікації і взаємозамінності, розвитку автоматизації виробничих процесів, росту ефективності експлуатації і ремонту виробів.

Рівень застосовності барабанної сушарки по деталях:

Коефіцієнт стандартизації визначаємо із залежності:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{35}{72} = 0,486,$$

де n_c - кількість стандартних деталей в апараті, $n_c = 35$; N - загальна кількість деталей в апараті, $N = 72$.

Коефіцієнт уніфікації визначаємо із залежності:

$$K_y = \frac{n_c + n_z}{N} = \frac{35 + 17}{72} = 0,72,$$

де n_z - кількість уніфікованих деталей в апараті, $n_z = 17$.

Рівень застосовності центрифуги по деталях:

Коефіцієнт стандартизації визначаємо із залежності:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{235}{342} = 0,687,$$

де n_c - кількість стандартних деталей в апараті, $n_c = 235$; N - загальна кількість деталей в апараті, $N = 342$.

Коефіцієнт уніфікації визначаємо із залежності:

$$K_y = \frac{n_c + n_z}{N} = \frac{235 + 68}{342} = 0,885,$$

де n_z - кількість уніфікованих деталей в апараті, $n_z = 68$.

Висновок: для барабанної сушарки коефіцієнт стандартизації складає 0,486; коефіцієнт уніфікації складає 0,687; для центрифуги коефіцієнт стандартизації складає 0,486; коефіцієнт уніфікації складає 0,885.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

8. Розробка стартап-проекту

Розділ розроблено за допомогою методик наведених в [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31].

8.1 Опис ідеї проекту

Ідея стартап-проекту полягає в тому, щоб виготовляти барабанні сушарки з модернізованими лопатевими насадками, в якій встановлені допоміжні направляючі на лопатях. Це дасть змогу суттєво збільшити ефективність сушіння при його використанні і зайняти високі місця у ціновому сегменті на даному ринку.

Зміст ідеї, можливі напрямки застосування та основні вигоди, що може отримати користувач товару, занесені до таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Стартап з інтенсифікації процесу сушіння рідких матеріалів на виробництвах у різних галузях промисловості за рахунок виготовлення барабанних сушарок з допоміжними направляючими. За рахунок цього буде забезпечено інтенсифікацію процесу сушіння із	Харчова промисловість	Запропонована барабанна сушарка забезпечує необхідний режим сушіння в барабані, що забезпечує інтенсифікацію процесу сушіння, а отже і ефективність при експлуатації сушильного апарату.
	Хімічна промисловість	
	Нафтопереробна промисловість	
	Фармацевтична промисловість	
	Інші галузі промисловості	

забезпеченням необхідної надійності використання обладнання.		
---	--	--

Нашими конкурентами є барабанні сушарки з проміжними, під'ємно-лопатевими, з гвинтовими, з осередковими, приймально-гвинтовими насадками. Перевага запропонованої сушарки в тому, що вона виконує ті ж самі функції, що й інші, але з більшою ефективністю і меншою енергозатратою.

Порівняльний аналіз показників власної ідеї: гірші значення (W, слабкі), аналогічні (N, нейтральні) значення, кращі значення (S, сильні) наведено в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W	N	S
	Модернізова на барабанна сушарка	Барабанна сушарка з проміжною насадкою	Барабанна сушарка з гвинтовою насадкою	Барабанна сушарка з підйомно-лопатєвою насадкою			
Новизна	Новий	Не новий	Не новий	Не новий	-	-	+
Ціна	110тис. грн./од.	135тис. грн./од.	128тис. грн./од.	140тис. грн./од.	-	-	+
Економія	Малі витрати на ресурси та енергію	Малі витрати на енергію	Немає економії	Малі витрати на ресурси	-	-	+
Вихід на ринок	Адаптованість на суміжні ринки	Адаптованість на суміжні ринки та можливість виходу на закордонний ринок			-	+	-

Висновок. З вище приведеної таблиці, робимо висновок, що стартап-проект є доцільним, і має всі причини для розвитку.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

проекту. Результати наведено в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Виготовлення барабанних сушарок з допоміжними направляючими на лопатевій насадці, за рахунок цього буде забезпечено інтенсифікацію процесу сушіння із забезпеченням необхідної надійності використання обладнання.	Готове обладнання та елементи барабанних сушарок	Всі технології існують і використовуються для створення її барабанної сушарки, шляхом заміни звичайних насадок на модернізовані	Всі технології доступні
	Попередні зразки барабанних сушарок		

Висновок: технологічна реалізація проекту можлива. Доцільно вдосконалювати готове обладнання або окремі його елементи, а не виготовляти барабанну сушарку за попередніми зразками, так як на вдосконалення використовується менше ресурсів і часу.

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

На даний момент виробництво барабанних сушарок в Україні знаходиться на етапі стабільності. Це пов'язано, насамперед із тим, що наша продукція користується великим попитом у багатьох галузях промисловості нашої державі. Ця продукція є завжди актуальною, завдяки її ефективності використання і постійній модернізації, тому вона має гарне фінансування. Статистика показує, що попит на дану продукцію є доволі стабільним як в нашій країні, так і за її межами.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

На рисунку 8.1 зображено динаміку ринку.

Враховуючи вище наведене можна говорити, що дана продукція і надалі буде мати гарні перспективи. З кожним роком всі галузі промисловості (фармацевтична, харчова, хімічна, нафтопереробна та інші) стрімко розвиваються як в нашій країні так і за кордоном. І тому попит на сушарки буде зростати, а разом з цим і зростатиме потрібність у більшій їх кількості.

Не важко зрозуміти, що саме впровадження інновації дасть збільшення попиту на продукцію. І ці інновації мають бути спрямовані на збільшення ефективності використання продукції. Тоді галузі промисловості, з розвитком, повинні будуть закуповувати більше наших апаратів та замінювати старі на більш ефективні нові, для економії на енергозатратах, щоб на цьому заробити.

Аналіз попиту, обсяг та динаміка розвитку ринку наведено в таблиці 4.

За результатами аналізу таблиці 4 можна сказати, що ринок є привабливим для входження, так як знаходиться на етапі насичення та стабільності, а отже сушарки актуальні для виготовлення та продажі споживачам.



Рисунок 8.1 – Динаміка ринку барабанних сушарок в Україні

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість головних гравців в Україні, од	4
Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	100-150 тис.
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Насичення і стабільність
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Нестандартизова барабанна сушарка
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Перевірка на відповідність затвердженим стандартам
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	67

Потенційні групи клієнтів, їх характеристики та орієнтовний перелік вимог до товару наведено в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	2	3	4
Економія при використанні сушильного обладнання	Харчова, хімічна, нафтопереробна, фармацевтична та інші галузі промисловості.	Аргументована ціна Ефективність при використанні Інноваційність Підвєння товару до вимог та стандартів ЄС. Методика сушіння однакова для будь-яких галузей промисловості. В зв'язку з цим, не буде відмінностей у апаратах.	- до продукції: та енергозбереження при використанні - до компанії-постачальника: низька ціна

Фактори, що перешкоджають ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому сприяють наведено в таблиці 8.6 та 8.7 відповідно.

Таблиця 8.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	2	3
Спрямованість України до Європи	Витіснення вітчизняного товару закордонним	Підведення товару компанії до вимог та стандартів Європейського середовища
Наслідки світової економічної кризи	Недостатнє фінансування сфери хімічного приладобудування, відсутність інвесторів	Пошук шляхів здешевлення товару без компенсування цього за рахунок його якості
Падіння рівню промислового виробництва в країні	Мала кількість місць впровадження технології	Пошук закордонних клієнтів
Низький економічний потенціал країни	Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем	Вивід товару на закордонні ринки
Поява нових барабанних сушарок	Поява нових конкурентів	Постійний розвиток та вдосконалення товару, орієнтація на постійних клієнтів
Консервативний менталітет українських клієнтів	Вибір перевірених технологій перевірених виробників замість інноваційної	Демонстрація на практиці переважань якості товару за рахунок його інноваційності
Прагнення покупців торгуватися	Втрата потенційних клієнтів через велику вартість товару та послуг	Співпраця з клієнтами на взаємовигідних умовах поступок
Орієнтація споживачів на певну торгівельну марку	Втрата потенційно важливих клієнтів	Робота над іміджем компанії, доведення слів ділом,

		підтвердження якості товару
Прагнення постачальників торгуватися	Втрата важливих постачальників	Дипломатичність у спілкуванні з постачальниками, при необхідності просування компаній- постачальників
Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи	Втрата постійних постачальників	Наявність зв'язків з різними постачальниками, що можуть бути взаємозамінні
Внутрішня контактна аудиторія підприємства	Зниження продуктивності розробок за рахунок поганих відносин у колективі	Підвищення командного духу, проведення тимбіндингів, корпоративів, пошук спільних інтересів
Засоби масової інформації	Просування конкурентів, публікація неправдивої інформації	Просування власного бренду за рахунок взаємодії з різними видами ЗМІ
Суперництво між наявними конкурентами	Витіснення конкурентами компанії з ринку	Порівняння, аналіз товару конкурентів, запозичення гарних тенденцій та запобігання помилок конкурентів
Поява нових конкурентів	Рівень інноваційності нових конкурентів перевищить рівень інноваційності компанії	Моніторинг ринку, спроби технологічно випереджувати конкурентів

Таблиця 8.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	2	3
Спрямованість організацій-клієнтів до енергозберігаючих технологій	Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності, енергоефективності	Пошук шляхів доведення та представлення переваг товару компанії над конкурентами
Діяльність підприємств машинобудівної галузі регулюється законодавчими фактами і законами	За допомогою ліцензування та сертифікації можна підвищувати якість реалізованих товарів і послуг.	Дотримання захисту прав споживачів, забезпечення безпеки праці, часу роботи, мінімальної заробітної плати
Наявність сільськогосподарського аспекту в Стратегії сталого розвитку України	Отримання державних інвестицій для впровадження технології	Пошуки каналів зв'язку з потрібними державними установами для отримання інвестицій
Спрямованість України до Європи	Розширення ринку збуту товару	Підведення товару компанії до вимог та стандартів Європейського середовища
Інтенсивний розвиток	Для того, щоб бути конкурентоспроможним, підприємству необхідно відповідати все більш зростаючим вимогам до технології та обладнання.	Спостереження та впровадження технологій, що йдуть в ногу з часом
Людський фактор, що виражається у бажанні позбавитися від зайвої роботи	Перевага над конкурентами за якістю та надійністю апаратів, що виготовляються	Вдосконалення барабанних сушарок
Прагнення постачальників торгуватися	Домовленість на взаємовигідних умовах поступок	Дипломатичність у спілкуванні з постачальниками, при необхідності просування компаній-постачальників

Внутрішня контактна аудиторія підприємства	Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності	Підвищення командного духу, проведення тимбілдингів, корпоративів, пошук спільних інтересів
Доступність засобів масової інформації	Просування власного бренду	Просування власного бренду за рахунок взаємодії з різними видами ЗМІ
Професійно-технічні конференції, спільноти	Здобування підприємством «власного імені» у професійно-технічній спільноті	Співпраця з цими спільнотами, відвідування тематичних заходів, використання будь-якої можливості заявити про себе

В таблиці 8.8 показано загальні риси конкуренції на ринку.

Таблиця 8.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1	2	3
1. Тип конкуренції: Монополістична	Барабанна сушарка кожної фірми, яка торгує на ринку, є недосконалим замінником сушарки, який реалізують інші фірми. Диференціація барабанних сушарок створює можливість обмеженого впливу на ринкові ціни, так як багато споживачів зберігають прихильність до конкретної марки і фірми навіть при деякому підвищенні цін.	Стартап-проект повинен робити ставку на основні відмінності своєї продукції (за якістю, економічністю, конкретними фізичними характеристиками). Велика кількість продавців виключає можливість змови, не дає особливо впливати на ринкові ціни.

2. За галузевою ознакою: Міжгалузева	Барабанні сушарки можна використовувати для різногалузевих виробництв та процесів.	Створення удосконаленої барабанної сушарки, яка спрямована на зниження енергозатрат.
3. Рівень конкурентної боротьби: Національна - конкуренція між компаніями всередині країни	Менше компаній-конкурентів, за рахунок того, що іноземні компанії не конкурують з національними.	Першим кроком орієнтуватися та виходити на національний ринок, збирати зворотній зв'язок, проблеми та побажання. Охоплювати у співпраці максимальну кількість національних клієнтів, спілкуватися з ними особисто. Паралельно працювати над іміджем компанії.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Під час прийняття рішення про купівлю клієнт буде обирати кращу за властивостями, або за ступенем вдоволення певних його потреб продукцію.	Передбачення способів просування товару та демонстрації його переваг з урахуванням потреб та точок зору різних категорій клієнтів
5. За характером конкурентних переваг: цінова	За рахунок покращення з точки зору клієнта співвідношення ціна/якість підвищується конкурентоспроможність товару	Постійне спостереження та оцінка цінової політики на ринку. Регулювання ціни в комплексі з якістю товару. Просування товару методами, що використовують фактичні розрахунки переваг товару (у чисельному вигляді)

6. За інтенсивністю: марочна	Для вдалого просування, підвищення каналів збуту, кількості клієнтів та партнерів необхідно зарекомендувати себе, створити власне ім'я.	Створення логотипу, нанесення його (або назви) на продукт. Реклама в інтернеті. Збільшення кількості ділових контактів.
------------------------------	---	--

Після аналізу конкуренції проведено більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за М. Портером, результати наведено в таблиці 8.9.

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	1	2	3	4	5
Складові аналізу	«Барабан Плюс» (К), «ВАТ Сушарка сервис» (КСК), «ТехсервісІН» (Т), «Сушка Про» (С)	Основні бар'єри входження на ринок: ефект масштабу великих компаній, недостатність інвестицій, обмежена можливість науково-дослідницьких та досвідно-конструкторських робіт	Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика закордоном)	Цінова чутливість покупців. Прихильність до відомих брендів. Негативне ставлення до інновацій	Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів по показникам продуктивності немає

Висновки:	Основна перевага – досвід, відоме ім'я. Але, за рахунок інновацій, тісного контакту з клієнтом можна заробити імідж та отримати клієнтів.	Можливість входу на ринок існує. Потенційними конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори.	Постачальники загалом не диктують умови. На даний момент існує велика низка можливих постачальників. Наш продукт є доволі адаптовним для видозмінених компонентів.	Диктують умови на ринку: якщо співвідношення ціна/якість буде не співмірним, можуть відмовитися від продукта, оскільки є з чого вибрати.	Мінімальне обмеження через товари-замінники.

В результаті аналізу конкуренції можна зробити висновок, що слабкою стороною проекту є те, що клієнт прихильний до відомих брендів перевірених часом, а сильною – ціна відповідає якості товару та адаптованість на ринок за кордон.

На основі вище наведеного аналізу конкуренції та факторів внутрішнього та зовнішнього маркетингового середовища приводяться фактори конкурентоспроможності в таблиці 8.10.

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
Ціна	За рахунок зменшення енергозатрат – загальна вартість знижується
Технології	Впровадження модернізованої насадки барабанної сушарки не було застосовано в цьому напрямку раніше
Енергозбереження	Завдяки підвищенню ефективності використання модернізованих насадок підвищується ефективність процесу. Це дозволяє отримувати більше якісного продукту з меншою витратою енергії
Ресурсозбереження	Завдяки підвищенню ефективності використання модернізованих насадок підвищується ефективність процесу. Це дозволяє отримувати більше якісного продукту з меншою витратою ресурсів

За факторами конкурентоспроможності в таблиці 8.11 наведено аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін виготовлення барабанних сушарок з параболічними виступами на зовнішній поверхні труб

Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «CALEX»						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Ціна	18			К, Т	КСК	С		

Технології	20	Т, С	К	КСК				
Енерго- та ресурсозбереження	18		К, С	КСК	Т			
Адаптованість продукту на суміжні ринки	15			Т, С		К	КСК	
Можливість виходу на закордонний ринок	10			Т, С			К	КС К

Літери – це скорочене позначення компаній з якими порівнюється («Барабан Плюс» – (К), «ВАТ Сушарка сервис» – (КСК), «ТехсервісІН» – (Т), «Сушка Про» – (С)).

З таблиці 8.11 видно, що сильною стороною є: доступна ціна, інноваційність технології, енерго- та ресурсозбереження, адаптованість продукту на суміжні ринки; а слабкою – можливість виходу на закордонний ринок.

На основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін складено SWOT-аналіз у таблиці 8.12.

Таблиця 8.12 – SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - Доступна ціна - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом - Адаптованість продукту на суміжні ринки 	<ul style="list-style-type: none"> - Невідоме «ім'я» підприємства - Недостатній рівень фінансування - Можливість виходу на закордонний ринок
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності, енергоефективності... 	<ul style="list-style-type: none"> - Поява інноваційного обладнання - Витіснення конкурентами компанії з ринку - Недостатнє фінансування галузі державою,

<ul style="list-style-type: none"> - Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності - Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок - Можливість виходу на закордонний ринок 	<ul style="list-style-type: none"> відсутність інвесторів в Україні - Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем - Витіснення вітчизняного товару закордонним - Висока конкуренція на ринку - Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи
---	--

В таблиці 8.13 наведено альтернативні шляхи впровадження стартап-проекту.

Таблиця 8.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернативи	Слабкі сторони	Сильні сторони
1	2	3
1. Підведення товару компанії до вимог та стандартів ЄС	Незадоволеність клієнтів-консерваторів, що звикли тільки до ГОСТу	Подолання конкуренції посиленням на європейські стандарти якості
2. Пошуки каналів зв'язку з потрібними державними установами для отримання інвестицій	Втрата додаткових інвесторів, що не захотять ділити прибуток з державою	Впровадження технології на державний рівень та вищі
3. Пошук клієнтів-новаторів Спроби приваблювати консерваторів доведенням якості систем		Розширення клієнтської бази
4. Використання різноманітних способів		Формування «імені» бренду, яке впізнають

просування, створення презентацій, перевірка дійсної якості товару		
5. Демонстрація на практиці переважання якості товару за рахунок його інноваційності		Зміна ставлення до інновацій, розширення меж потенціальних клієнтів
6. Підтримання співпраці з постійними клієнтами	Недостатня кількість уваги новим клієнтам	Підтримання стабільної бази постійних клієнтів
7. Спостереження та впровадження технологій, що йдуть в ногу з часом	Втрата важливих елементів перевірених технологій в пошуках кращого	Створення принципово нового, більш інноваційного продукту
8. Робота над іміджем компанії, доведення слів ділом, підтвердження якості товару		Формування «імені» бренду, яке впізнають, розширення клієнтської бази, знаходження компаній для співпраці
9. Співпраця з науково-технічними спільнотами, відвідування тематичних заходів, використання будь-якої можливості заявити про себе		Формування «імені» бренду, яке впізнають, розширення клієнтської бази, знаходження компаній для співпраці

Як висновок можна зробити, що оптимальніший шлях – адекватне комбінування напрямів та шляхів розв’язання проблеми; всебічне просування власного бренду; невпинна праця над якістю, енергоефективністю та ергономічністю товару.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку (опис цільових груп потенційних споживачів), що наведено в таблиці 8.14.

Таблиця 8.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входження у сегмент
Приватні компанії хімічної та нафтопереробної промисловості	76%	72%	Конкуренція відносна. Попит залежить від розміру компанії та фінансового стану.	Спілкування на пряму з представниками підприємства дає більшу імовірність заробити прихильність у клієнта
Державний сектор різних галузей промисловості (хімічна, легка, харчова та інші)	60%	38%	Висока конкуренція, оскільки більшість конкурентів працюють на державному рівні	Є певна складність, оскільки компанія ще не має власного імені та позитивної репутації
Які цільові групи обрано: Для здобуття іміджу та репутації компанії починати треба з приватних компаній хімічної та нафтопереробної промисловості, а в подальшому розповсюджувати свою діяльність і на державному рівні				

Для роботи на ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (таблиця 8.15).

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Максимальне зниження ціни	Масовий маркетинг	Ідеальне для клієнта співвідношення ціна/якість	Стратегія лідерства по витратах
Підписання довгострокових контрактів	Диференційований маркетинг	Супровід обладнання, їх технічне обслуговування, навчання персоналу	Стратегія диференціації

Висновок. Основним обраним сегментом компанії є підписання довгострокових контрактів з клієнтами.

Після чого вибирається стратегія конкурентної поведінки (таблиця 8.16).

Таблиця 8.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є «пер-шопрхідц ем»?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
Ні	Треба починати з клієнтів, не обираючи відомий бренд, тих, хто готовий експериментувати.	Загальним для нашого товару і конкурентного є тільки основна ідея, а структура, компоненти, їх співвідношення є унікальними	Стратегія заняття конкурентної ніші

Потім розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.17), що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають

ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 8.17 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1. Аргументована ціна. 2. Супроводження товару 3. Необхідна ефективність використання сушарки	Стратегія диференціації	1. Продукція вищої якості за конкурентну 2. Можливість економити на ресурсах 3. Програми лояльності за тривалі контракти 4. Супровід товару	1. Висока ефективність використання та надійність барабанної сушарки. 2. Тривалі контракти. 3. Програми лояльності.

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком розробки маркетингової програми стартап-проекту є формування маркетингової концепції товару, яку отримує споживач (таблиця 8.18).

Таблиця 8.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Потреба в економії, яку забезпечує запропоновану барабанну сушарку	Збільшення чистого прибутку шляхом економії ресурсів. Покращення якості продукту	- Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження - Адаптованість продукту суміжні ринки - Підвищення продуктивності процесу та якості товару

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту, його фізичні складові, особливості його надання

(таблиця 8.19).

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Обрана альтернатива розвитку проекту	Сутність та складові		
1	2		
I. Товар за здумом	Головна потреба споживача полягає в економії, яку задовольняє товар. покращення якості готового продукту – сушарки, зокрема його насадки; зменшення витрат енергетичних, матеріальних та людських ресурсів на виробництво.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Барабанні сушарки, особливістю яких є використання модернізованих лопатевих насадок.	–	Можна встановити на будь-якому зручному місці, заздалегідь підготовленому, для обслуговуючого персоналу. Захищені від потрапляння води та інших речовин, компоненти.
	Якість: відповідає Європейським нормам та ДСТУ. Тестування проводиться перед встановленням, а також на місці.		
	Пакування –пакування із спеціальними захисними матеріалами для уникання деформацій чи пошкодження		
	Марка: «Pro Dryer»		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: <ul style="list-style-type: none"> • програми лояльності при підписанні довготривалого контракту; • різні способи доставки; 		

	<ul style="list-style-type: none"> • різні способи оплати; • демонстрації та моделювання роботи
III. Товар із підкріпленням	Після продажу: <ul style="list-style-type: none"> • впровадження; • обслуговування; • супровід; • навчання персоналу; • гарантія повернення грошей і обміну товару.
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: буде розроблено патент на винахід, на кожному апараті буде фірмовий штамп.	

Після цього проводиться визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 8.20).

Таблиця 8.20 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари - аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
130-200 тис. грн	120-170 тис. грн.	20-70 тис. грн. за придбану одиницю товару	Верхня: 150 тис. грн Нижня: 100 тис. грн

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту (таблиця 8.21).

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної	Функції збуту, які має	Глибина каналу	Оптимальна система збуту
-------------------------	------------------------	----------------	--------------------------

поведінки цільових клієнтів	виконувати постачальник това ру	збуту	
Клієнти хочуть на власні очі бачити обладнання та його тестування перед закупівлею, потребують доставки, встановлення, консультацій, супроводу	Гарантія Тестування Доставка Ремонт Допомога введення у експлуатацію Допомога при запуску	Нульовий рівень. Наша компанія сама встановлює і проєктує обладнання. До споживача доходить продукція з усіма необхідними компонентами.	Власна система збуту і домовленість про подальшу співпрацю

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, наведено в таблиці 8.22.

Таблиця 8.22 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Орієнтована на швидке та ефективне спілкування, бажано спеціалізоване	Спілкування як онлайн (сайти, соц.мережі) так і офлайн (зустрічі, телефонні розмови, виставки тощо). Друкована продукція (каталоги, спецвидання). Документальне оформлення домовленостей	Якість залежить від ціни; Тривале партнерство = лояльні ціни; Вчасно, ефективно і економно.	Ефективна демонстрація переваг продукції залежно від напрямку зацікавленості клієнта	Офіційний стиль. Наочна демонстрація даних (розрахунки, графіки, діаграми). Призначення зустрічей.

8.6 Висновки

Як висновок можна сказати, що виробництво барабанних сушарок знаходиться на етапі стабільності. Ця продукція є завжди актуальною, завдяки її ефективності використання і постійній модернізації. Слабкою стороною проекту є те, що клієнт прихильний до відомих брендів перевірених часом, а сильною – ціна відповідає якості товару та адаптованість на ринок за кордон. Проект є конкурентоспроможним, присутня інноваційність технології, доступна ціна, енерго- та ресурсозбереження, адаптованість продукту на суміжні ринки, можливість виходу на закордонний ринок. Для ринкової реалізації продукту було обрано альтернативу підписання довгострокових контрактів та максимальне зниження ціни. Подальша імплементація проекту доцільна.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111

Висновки

У магістерській дисертації за освітньо-професійною програмою “Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв” на тему “Розроблення барабанної сушарки та центрифуги для модернізації установки виробництва коксу” було модернізовано конструкцію барабанної сушарки шляхом встановлення додаткових направляючих, розміщених на перемішуючих лопатях, з різним кутом нахилу, що дозволило збільшити ефективність при експлуатації барабанної сушарки в цілому.

Описано технологічну схему, проведено вибір типів апаратів, описано їх конструкцію, виконано порівняння з аналогами та патентну проробку. Виконано параметричні розрахунки, та розрахунки основних вузлів і елементів на міцність.

Виконано параметричний розрахунок центрифуги та обрано конструкцію, що забезпечує найбільшу продуктивність при найменших капітальних та експлуатаційних витратах. Виконано параметричний розрахунок барабанної сушарки та розрахунки основних вузлів і елементів на міцність. Перевірили конструкції центрифуги та барабанної сушарки, що відповідають вимогам безпеки праці та промислової санітарії.

Розроблено стартап-проект впровадження запропонованої модернізації.

Розроблено систему автоматичного регулювання параметрів блоку коксування.

Розроблено технологічний процес виготовлення опорного ролика, спроектовано пристрій для свердління отворів.

Виконано 8 креслень. За результатами дисертаційної роботи отримано 1 деклараційний патент України на корисну модель, результати оприлюднено на трьох міжнародних конференціях студентів та опубліковано статтю у фаховому журналі, де з наукової точки зору було показано доцільність модернізації методом двух- та трьохвимірною проектування в програмі SolidWorks та КОМПАС-3D, а також математичного обґрунтування.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112

Выводы

В магистерской диссертации по образовательно-профессиональной программе “Оборудование химических, нефтеперерабатывающих и целлюлозно-бумажных производств” на тему "Разработка барабанной сушилки и центрифуги для модернизации установки производства кокса" была модернизирована конструкция барабанной сушилки путем установления дополнительных направляющих, размещенных на перемешивающих лопастях, с разным углом наклона, что позволило увеличить эффективность при эксплуатации барабанной сушилки в целом.

Сделано описание технологической схемы, проведен выбор типов аппаратов, описаны их конструкции, выполнено сравнение с аналогами и патентную проработку. Выполнено параметрические расчеты, и расчеты основных узлов и элементов на прочность.

Выполнено параметрический расчет центрифуги и избрано конструкцию, обеспечивающую большую продуктивность при наименьших капитальных и эксплуатационных затратах. Выполнено параметрический расчет барабанной сушилки и расчеты основных узлов и элементов на прочность. Проверено конструкции центрифуги и барабанной сушилки, что отвечают требованиям безопасности труда и промышленной санитарии.

Разработан стартап-проект внедрения предложенной модернизации.

Разработана система автоматического регулирования блока коксования.

Разработан технологический процесс изготовления опорного ролика, спроектировано устройство для сверления отверстий.

Выполнено 8 чертежей. По результатам диссертационной работы получено 1 декларационный патент Украины на полезную модель, результаты обнародованы на трех международных конференциях студентов и опубликована статья в профессиональном журнале, где с научной точки зрения было показано целесообразность модернизации методом двух- и трехмерного проектирования в программе SolidWorks и КОМПАС-3D, а также математического обоснования.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

Conclusions

In the Master's thesis on the theme " Development of drum dryer and centrifuge for modernization of coke production unit " the construction of the drum dryer was modernized by installing additional guides placed on the mixing blades with a different angle of inclination, which allowed to increase the efficiency during operation of the drum dryer as a whole.

The technological scheme is described, the choice of devices is carried out, their design is described, and it was made the comparisons with counterparts and patent development. The parametric calculation, calculations of the basic units and elements of durability are executed.

A parametric calculation of the centrifuge and the drum dryer and the selected design, which provides the highest productivity at the lowest capital and operating costs. The parametric calculation of the drum dryer and calculations of the main units and elements of strength are performed. The designs of the drum dryer and centrifuge that meet the requirements of safety and industrial sanitation are checked.

A startup project has been developed to implement the proposed upgrade.

The system of automatic control of the parameters of the coking has been developed.

A technological process for the production of a support roller is developed; a device for boring holes is designed.

Eight drawings of A1 format are executed. Based on the findings of the Master's thesis, a declarative patent of Ukraine has been obtained on a useful model, the results have been presented at 3 international conferences, an article in a professional journal has been published.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		114

Перелік посилань

1. Ластовкін Г. А., Радченко Е. Д., Рудін М. Г. Справочник нефтепереработки. – Л.: Химия, 1986. – 648 с.
2. Лашинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
3. А.С.Тимонин Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования Том 1 Изд 2-е, перераб и доп. – Калуга: Н. Бочкаревой, 2002.- 846 с.
4. Михалев М. Ф. и др. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. – Л.: Машиностроению, 1984. 301с.
5. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: Химия. 1991. – 496 ст.
6. Патент № 127292 Україна, МПК(2018.01) B04B 1/00, B04B 7/00 заявлено 20.02.2018, опубл. 25.07.2018.
7. Патент № 128716 Україна, МПК(2018.01) B04B 3/00 заявлено 21.02.2018, опубл. 10.10.2018.
8. Патент № 129591 Україна, МПК(2018.01) B04B 15/00, C13B 30/04 заявлено 23.03.2018, опубл. 12.11.2018.
9. Патент № 1697902 Південна Корея, B29C 47/76, B29C 33/10 заявлено 12.01.2018, опубл. 18.01.2018.
10. Патент № 528400 Китай, C09D 7/12 заявлено 30.06.2018, опубл. 08.09.2018.
11. Патент № 129100 Україна, МПК F26B 11/04 заявлено 26.03.2018, опубл. 25.10.2018.
12. Патент № 126209 Україна, МПК F26B 11/04 заявлено 29.12.2017, опубл. 11.06.2018.
13. Патент № 119355 Україна, МПК F26B 11/04 заявлено 24.03.2018, опубл. 25.09.2018.
14. Патент № US2018/0038143 A1 США, МПК F26B 11/06 заявлено 11.10.2018,

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

опубл. 08.12.2018.

15. Патент № US2018/0016333 A1 США, МПК В29В 9/16 заявлено 09.05.2018, опубл. 21.01.2019.

16. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов аппаратов химической технологии. –Л.: Химия, 1981-549с.

17. Чернобыльский И. И., Тананайко Ю. М., Сушильные установки химической промышленности. – К.: Техника, 1969. – 280 с.

18. Андреев І.А. Конструювання і розрахунок типового устаткування хімічних виробництв. Основні положення. Елементи тонкостінних посудин, навантажених внутрішнім тиском: навч. посіб./ — К: НТУУ «КПІ», 2011. — 272 с. — 300 пр.

19. Практикум із охорони праці: Навч. посіб. / В.Ц. Житецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук та ін.; За ред. В. Ц. Житецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

20. Мікульонюк І.О., Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв: Навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1998. – 256 с.

21. Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>

22. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

23. Standard Management Systems QUALITY MANAGEMENT Textbook for students and post-graduate students on specialty 131 "Applied mechanics"/ S. Fomichov, A. Banin, I. Skachkov, V. Lysak, O. Gaievskiy, N. Yudina, Kiev: KIM, 2018 – P. 266

24. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		116

акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

25. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

26. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. - Режим доступу [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).

27. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>

28. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.

29. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа : http://futurolog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.

30 Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		117

розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа : http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.

31. Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступа : <http://futurollog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

32. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1991 – 496 с.

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		118

Додаток А Технологія виготовлення опорного ролика барабанної сушарки.

Додаток Б Автоматичний контроль керування процесом

Додаток В Програма параметричного розрахунку центрифуги

Додаток Г Програма розрахунку ротора центрифуги

Додаток Д Програма параметричного розрахунку сушарки

Додаток Е Програма розрахунку корпусу барабана

Додаток Є Програма розрахунку бандажа, опорних та упорних роликів

Додаток Ж Програма розрахунку двигуна апарата

Додаток З Документація патентного дослідження

Додаток И Патенти, які використані в патентному дослідженні

Додаток І Список наукових праць

					ЛН81мп.066615.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		119